

5 (57) 2015
сентябрь–октябрь

Журнал выходит 6 раз в год.

Издается с мая 2006 г.

Подписной индекс **20994**

в каталоге «Пресса России»

Подписной индекс **K0103** в каталоге российской
прессы «Почта России» — персональная подписка

информационно-технический журнал

Сварщик®

Технологии
Производство
Сервис

в России

5–2015

СОДЕРЖАНИЕ

Новости техники и технологий 4

Технологии и оборудование

Электронно-лучевые технологии в сварочном производстве.
Г. И. Лащенко 6

«Умные» зажимы контактных стыковых машин «Чайка»
для сварки лент и стержней *Д. В. Чайка, В. Г. Чайка,
Б. И. Волохатюк, А. И. Ситко, С. П. Крушневич, А. А. Хатаян* 9

Дугоконтактная конденсаторная сварка разнородных металлов.
Д. М. Калеко 12

Технологии и материалы

Сварка термостойких пластмасс. Сварка нагретым инструментом.
*М. В. Юрженко, Н. Г. Кораб, В. Ю. Кондратенко, А. Н. Гальчун,
В. В. Анистратенко, М. Г. Менжерес* 15

Технологии сварки под водой, применяемые в странах СНГ.
В. Я. Кононенко 18

Наши консультации 22

Производственный опыт

Капитальный ремонт и модернизация двух стационарных
машин газовой резки и создание участка разделки крупного
лома на шихту на ПАО «Энергомашспецсталь».
*В. М. Литвинов, Ю. Н. Лысенко, С. А. Чумак, В. В. Капустин,
Н. П. Бескровный, А. А. Горшков, М. Ю. Шуб* 24

Причины сдерживания роботизации промышленных предприятий.
А. Н. Моторин, В. А. Дорошенко 30

Система экономии защитного газа EWR 34

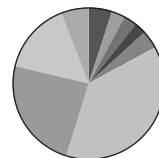
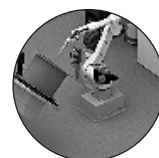
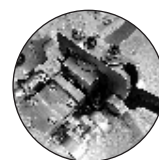
Агрегат для высокочастотной сварки трубной заготовки из лент
медных сплавов. *В. А. Васильев, В. Ю. Мазманашвили* 36

Экономика сварочного производства

Экономико-статистический обзор мирового и регионального рынков
порошковой проволоки. *С. В. Пустовойт, О. К. Маковецкая,
В. С. Петрук, Н. С. Бровченко* 38

Выставки

Weldex/Россварка 2015 42



News of technique and technologies 4

Technologies and equipment

Electron-beam technologies in welding production.
G. I. Lashenko 6

Smart clips for contact butt machines «Chaika»
for welding of tapes and rods.
*D. V. Chaika, V. G. Chaika, B. I. Volochatiuk,
A. I. Sitko, S. P. Krushnevich, A. A. Chatayan* 9

Condenser contact arc welding of dissimilar metals.
D. M. Kaleko 12

Technologies and materials

Welding of heat-resistant plastics. Welding by heated tool.
*M. V. Iurzhenko, N. G. Korab, V. Yu. Kondratenko,
A. N. Galischun, V. V. Anistratenko, M. G. Mengeres* 15

The technology of welding under water, applied
in the CIS countries. *V. Ya. Kononenko* 18

Our consultations 22

Production experience

Capital repair and modernization of two gas cutting stationary
machines and creating the cutting area of a major scrap
in the charge at PJSC «Energomashspetsstal».
*V. M. Litvinov, Yu. N. Lysenko, S. A. Chumak,
V. V. Kapustin, N. P. Beskrovny,
A. A. Gorshkov, M. Yu. Shub* 24

The reasons of deterrence robotization of industrial
enterprises. *A. N. Motorin, V. A. Doroshenko* 30

System of economy of protection gas EWR 34

Machine for high-frequency welding of pipe billets
from copper alloys strips.
V. A. Vasil'ev, V. Yu. Mazmanashvili 36

Economic of welding production

Economic-statistical review of world and
regional markets of cored wire. *S. V. Pustovoi,
O. K. Makovetskaya, V. S. Petruk, N. S. Brovchenko* 38

Exhibitions

WELDEX 2015 42

сентябрь–октябрь 5 (57) 2015

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-24185 от
25.04.2006, выдано Федеральной службой по надзору
за соблюдением законодательства в сфере массовых
коммуникаций и охране культурного наследия

Издатель ООО «Центр трансфера техно-
логий Института электросварки
им. Е. О. Патона»,

Тел. моб. +7 903 795 18 49

E-mail ctt94@mail.ru

Главный редактор В. Д. Позняков

Зам. главного редактора В. Г. Абрамишвили

Редактор, маркетинг О. А. Трофимец

Верстка и дизайн В. П. Семенов

За достоверность информации и содержание рекламы
ответственность несут авторы и рекламодатели.

Мнение авторов статей не всегда совпадает с позицией
редакции.

Рукописи не рецензируются и не возвращаются.

Редакция оставляет за собой право редактировать и
сокращать статьи. Переписка с читателями — только
на страницах журнала.

При использовании материалов в любой форме ссылка
на «Сварщик в России» обязательна.

Подписано в печать 16.12.2015. Формат 60×84 1/8.

Печать офсетная. Бумага офсетная. Гарнитура PetersburgC.

Отпечатано в ЗАО «ТДДС-Столица-8».

Заказ № 15764 от 16.12.2015. Тираж 1000 экз.

Издание выходит при содействии
информационно-технического журнала «Сварщик»

Учредители Институт электросварки
им. Е. О. Патона НАНУ,
ООО «Экотехнология»

Издатель ООО «Экотехнология»

Главный редактор В. Д. Позняков

Зам. главного редактора В. Г. Абрамишвили

Редакционная коллегия В. А. Белинский, Ю. К. Бондаренко,
А. В. Вавилов, Ю. В. Демченко,
В. М. Илюшенко, Г. И. Лашенко,
О. Г. Левченко, В. М. Литвинов,
Л. М. Лобанов, А. А. Мазур,
П. П. Проценко, С. В. Пустовойт,
И. А. Рябцев

Адрес редакции 03150 Киев, ул. Горького, 62Б,
а/я 52

Телефон +380 44 200 5361

Тел./факс +380 44 200 8014, 200 8018

E-mail welder.kiev@gmail.com
trofimets.welder@gmail.com

URL http://www.welder.stc-paton.com/

ПРОДОЛЖАЕТСЯ ПОДПИСКА

**Подписной индекс 20994
в каталоге «Пресса России»**

**Подписной индекс K0103
в каталоге российской прессы
«Почта России» —
персональная подписка**

ГЛАВНЫЕ ТЕМЫ НОМЕРА

Электронно-лучевые технологии в сварочном производстве

Г. И. Лашенко

Рассмотрены особенности электронно-лучевой обработки материалов в вакууме, при которой используют тепловую энергию, выделяющуюся при столкновении электронного потока с твердым телом. Установлено, что воздействие вакуумной защиты на процесс металлообработки дает возможность освободиться от поверхностных загрязнений, газов и жидких пленок. Отмечено, что электронно-лучевые технологии плавки и обработки материалов имеют большую перспективу и эффективность применения.

«Умные» зажимы контактных стыковых машин «Чайка» для сварки лент и стержней

Д. В. Чайка, В. Г. Чайка, Б. И. Волохатюк, А. И. Ситко, С. П. Крушневич, А. А. Хатаян
Разработана машина для контактной стыковой сварки «Чайка» МКССО-60, каретка подвижного зажима которой не имеет трущихся частей и не требует обслуживания. Созданы «умные» зажимы, обеспечивающие усилие зажатия ленты пропорциональное ее толщине, настройку равномерного нагрева по ее ширине, доступ к электродам для их очистки. Предложен метод оценки качества получаемых соединений путем измерения величины осадки.

Дугоконтактная конденсаторная сварка разнородных металлов

Д. М. Калеко

Рассмотрены применения технологии дугоконтактной конденсаторной сварки, при которой дуга горит между соединяемыми поверхностями металлических деталей, происходит их нагрев и детали стыкуются усилием осадки. Отмечено, что такой способ сварки позволяет получать соединения металлов, сплав которых был ранее неизвестен. Проведен анализ соединения разнородных деталей разного сечения.

Сварка термостойких пластмасс. Сварка нагретым инструментом

М. В. Юрженко, Н. Г. Кораб, В. Ю. Кондратенко, А. Н. Гальчун, В. В. Анистратенко, М. Г. Менжерес

Изучены особенности сварки нагретым инструментом одного из термостойких полимеров класса полиариленов — полиэфиримида (PEI). Показано на примере полимерного материала ZX-410 (на основе PEI), что метод сварки нагретым инструментом встык, при температуре нагревательного инструмента 400 ± 15 °C и длительности прогрева 40–50 с, может обеспечить максимальный уровень в 75–77 % относительной прочности сварных соединений.

Технологии сварки под водой, применяемые в странах СНГ

В. Я. Кононенко

Рассмотрены два способа выполнения сварочных работ под водой — сухая и мокрая сварка, с применением механизированного процесса сварки и самозащитных порошковых проволок. Показано, что сухая сварка выполняется внутри сухой камеры, при этом исключается контакт с водой зоны горения дуги и металла. При использовании мокрой сварки сварщик и свариваемый объект находятся в водной среде и под давлением.

Капитальный ремонт и модернизация двух стационарных машин газовой резки и создание участка разделки крупного лома на шихту на ПАО «Энергомашспецсталь»

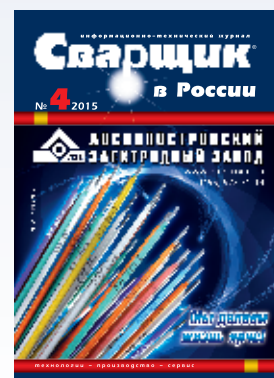
В. М. Литвинов, Ю. Н. Лысенко, С. А. Чумак, В. В. Капустин, Н. П. Бескровный, А. А. Горшков, М. Ю. Шуб

Рассмотрены этапы капитального ремонта и модернизации 2-х стационарных машин газовой резки МГР УОП-1. Описаны разработанные детали газовой части машин, включая резаки РГКМ-5. Установлено, что в результате проведенных ремонтов и модернизации МГР УОП-1 повысились их надежность, безопасность и увеличился срок службы.

Агрегат для высокочастотной сварки трубной заготовки из лент медных сплавов.

В. А. Васильев, В. Ю. Мазманашвили

Институтом «Гипроцветметобработка» проведена модернизация стана для высокочастотной сварки труб Кировского завода ОЦМ. Разработаны оригинальные блоки формовочных клеток, трехроликовая сварочная и ножевая клетки с устройством для улавливания «выплесков» металла при сварке, узлы для съема и удаления грата и новый сварочный узел, повышена частота сварочного тока. Приведены технические характеристики освоенных агрегатов ТЭСА 15–50 и ТЭСА 15–50М.



Уникальная система для сварки шасси грузовых самолетов

Томская компания «НПК ТЭТа» разработала оборудование для качественной сварки элементов шасси грузовых самолетов, в частности, транспортного Ил-76, сообщает пресс-служба инновационных организаций Томской области.

«Традиционный метод — сварка в среде аргона — требует гораздо больше оборудования и людей, но при этом качество швов намного хуже, что приводит к браку и экономическим потерям. По этим параметрам наша установка выигрывает», — рассказал председатель совета директоров компании Григорий Семенов.

Установка сделана по заказу самарского АО «Авиаагрегат» (холдинг «Технодинамика») и состоит из двух частей — электронно-лучевого сварочного модуля и индукционного модуля термообработки. Установка позволяет производить электронно-лучевую сварку и термообработку в вакууме. Процесс полностью автоматизирован и по заданной технологической карте позволяет выполнить все необходимые операции.

Модули объединены в единую установку, между узлами которой двигаются транспортные платформы, — вся конструкция занимает целое здание. Томские инженеры разработали также энергосистему, питающую электронно-лучевую пушку.

«Установка позволяет производить сварку элементов шасси не только для Ил-76, но и производить сварку меньших по размеру стоек, таких как у Ан-148, Ту-204, Ту-214. Помимо самой сварки, мы разработали уникальный мани-



пулятор, который может вращать детали и закреплять их в различной конфигурации», — отметил Семенов.

Всеми движениями детали и параметрами работы пушки (глубина проплавления, режимы, мощность пучка, скорость сварки) управляет программа, которую написали специалисты томской компании. Человек в процессе не участвует, а в итоге получается нужный шов высокого качества. Электронно-лучевой модуль установки уже сдан в эксплуатацию. Вся система будет отлажена и запущена до конца 2015 г.

● #882

www.tomsk.sibnovosti.ru

Сварочные аппараты NEON

Компания СВАРБИ (Москва), являющаяся официальным дилером ЗАО «Электро Интел», представляет в ассортименте сварочные аппараты инверторного типа под брендом NEON, которые производятся в г. Нижний Новгород. Аппараты превосходно зарекомендовали себя в работе и имеют высокие технические параметры.

Аппараты NEON предназначены для использования на промышленных предприятиях, строительных организациях и хорошо подходят для бытового использования. NEON позволяет выполнять сварочные работы посредством различных технологий сварки, наплавки и резки.

Он используется для аргонодуговой сварки (способ TIG, MMA) и предназначен для сварки неплавящимся вольфрамовым электродом, наплавки и резки металлов штучными электродами любых марок и диаметров.

Аппарат ВД-303 АД AC/DC работает при переменном и

НОВИНКА!

Сварочный аргонодуговой аппарат NEON TIG/MMA ВД-303 АД AC/DC



постоянном токе, имеет импульсный режим, синергетическое управление, обратную полярность и функцию VRD.

● #883

www.svarbi.ru

Самый маленький полуавтомат с синергетическим управлением «КЕДР»

Сварочный полуавтомат «КЕДР» MIG-160GDM (совместного российско-китайского производства) является одним из самых маленьких аппаратов в мире с синергетическим управлением. При малом весе (6 кг) и габаритах совмещает в себе 3 сварочных аппарата (MIG, TIG И MMA). Является достаточно мощным оборудованием и предназначен для полуавтоматической сварки: в среде защитного/активного газа MIG-MAG; порошковой самозащитной проволокой NO GAS, для ручной дуговой сварки штучным электродом MMA, а также для аргонодуговой сварки на постоянном токе TIG DC.

Сферы применения:

- сварка легких металлических конструкций,

Технические характеристики:

Мощность, кВт	4,8
Максимальный сварочный ток, А	160
Диаметр проволоки, мм	0,8–1,0
Вес, кг	6
Напряжение сети, В	220
Габариты, мм	375×170×300
Диапазон сварочного тока, А	50–160
Режим работы, ПВ %	30
Напряжение холостого хода, В	56



- общие ремонтные работы,
- ремонт автомобилей,
- работы по обслуживанию и монтажу,
- ремонт в сельскохозяйственных условиях.

Особенности полуавтомата MIG-160GDM: полноценное синергетическое управление, легкая и быстрая настройка параметров одной кнопкой, встроенный микропроцессор, функции ArcForce, HotStart автоматически адаптивные, IGBT транзисторы, возможность подавать проволоку с внешних устройств (использование катушек любых размеров и веса), надежный 2-х роликовый подающий механизм,

Наибольшее распространение аппарат получил среди бытовых пользователей, в гараже и на даче, в автомастерских, а также при монтажных работах на большой высоте.

● #884

www.uv66.ru

Запуск нового завода по выпуску сварных труб в Свердловской области

В Свердловской области запустили новое металлургическое предприятие — Ирбитский трубный завод. Специализация завода — производство электросварных и профильных труб, мощность — до 0,3 млн т продукции в год. Завод оснащен оборудованием компаний Adda Fer, Yawei. Первые два месяца завод выпускал порядка 1000 т продукции, но к концу года вышел на объемы более 25 000 т. Ассортимент Ирбитского трубного завода представлен крупными электросварными трубами (ГОСТ 10704, 10705, 20295, 52079) диаметром 159, 168, 219, 273, 325 мм с толщиной стенок

4–12 мм, а также профильными трубами от 150×150 до 200×200 мм с толщиной стенок 9–12 мм (ГОСТ 8639-82).

Трубы изготавливаются из углеродистых, низколегированных, легированных, нержавеющей стали и различных сплавов с последующим нанесением антикоррозионного покрытия. Продукция прошла необходимую сертификацию и отгружается как на внутренний рынок, так и в адрес зарубежных потребителей. Инвестор проекта — компания «Тагильская сталь» (входит в «Металлинвест»).

● #885

www.mc.ru



Электронно-лучевые технологии в сварочном производстве

Г. И. Лашенко, канд. техн. наук, НТК «Институт электросварки им. Е. О. Патона» НАНУ

При электронно-лучевой обработке материалов используют тепловую энергию, выделяющуюся при столкновении быстро движущихся электронов с веществом [1, 2]. При столкновении ускоренного электронного потока с твердым телом более 90% кинетической энергии электронов переходит в тепловую, нагревающую твердое тело.

Повышая скорость движения электронов и их кинетическую энергию, а также увеличивая число электронов, движущихся в данном объеме (плотность пучка), можно создавать чрезвычайно высокую концентрацию тепловой энергии во времени и пространстве, приводящую к нагреву, плавлению, испарению, тепловому взрыву вещества в зоне торможения им электронного пучка (луча).

1. Особенности электронно-лучевого нагрева в вакууме.

Для обработки материалов электронным лучом требуются специальные устройства, излучающие свободные электроны в достаточном количестве и с требуемой скоростью. Основой таких устройств является электронная пушка, принципиальная схема которой показана на рис. 1. Электронная пушка представляет собой устройство с помощью которого получают узкие электронные пучки с большой плотностью энергии.

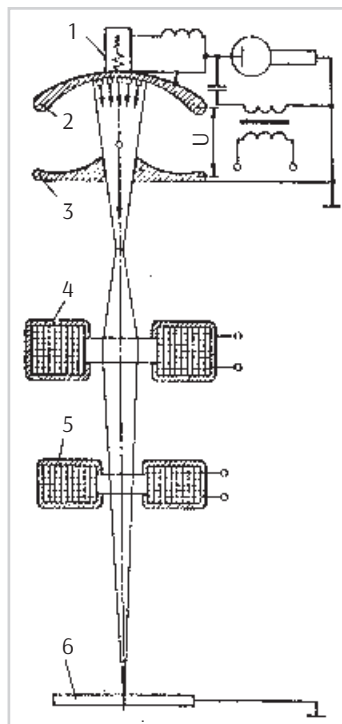


Рис. 1. Схема установки для обработки материалов электронным пучком: 1 — катод, 2 — прикатодный электрод, 3 — анод, 4 — магнитная линза, 5 — магнитная система управления лучом, 6 — изделие

Катод пушки 1, расположенный внутри прикатодного электрода 2, может нагреваться до высокой температуры. На некотором удалении от катода находится ускоряющий электрод (анод) 3 с отверстием. Прикатодный и ускоряющий электроды имеют форму, обеспечивающую такую конфигурацию электрического поля между ними, при которой электроны фокусируются в луч с диаметром, равным диаметру отверстия в аноде. Положительный потенциал ускоряющего электрода может достигать нескольких десятков тысяч вольт, поэтому электроны, эмитированные катодом, на пути к аноду приобретают значительную скорость и энергию.

После ускоряющего электрода 3 электроны двигаются равномерно. Электронная пушка получает электрическую энергию от вы-

соковольтного источника питания постоянного тока. Электроны, имея одинаковый заряд, отталкиваются друг от друга, вследствие чего диаметр пучка увеличивается, а плотность энергии в пучке уменьшается. Для увеличения плотности энергии в пучке после выхода электронов из первого анода они фокусируются магнитным полем в магнитной линзе 4 в плотный пучок и ударяются с большой скоростью о малую, резко ограниченную площадку на изделии 6. При этом кинетическая энергия электронов, вследствие торможения в веществе, превращается в тепловую, нагревая металл до высоких температур.

Для перемещения луча по обрабатываемому изделию на пути электронов устанавливают магнитную отклоняющую систему 5, позволяющую управлять лучом.

Для обеспечения свободного движения электронов от катода к аноду и далее к изделию, тепловой и химической изоляции катода, а также для предотвращения возможности возникновения разряда между электродами, насосной системой установки создается глубокий вакуум. Движение электронов в вакууме не сопровождается световыми эффектами и поэтому луч не виден, но его действие на вещество можно наблюдать по нагреву места бомбардировки, свечению люминофоров и т.п.

При достаточно высоких ускоряющих напряжениях (десятки и сотни киловольт) электроны приобретают высокую скорость, достигающую 10^6 – 10^7 м/с и выше. Скорость электронов v_α приближенно можно определить по формуле

$$v_\alpha \approx 600\sqrt{U_{\text{уск}}} \quad (\text{км/с}), \quad (1)$$

где $U_{\text{уск}}$ — ускоряющее напряжение, В.

Мощность, передаваемая электронным пучком (без учета потерь на отражение и излучение), равна

$$W_{\text{эл}} = I \cdot U_{\text{уск}}, \quad (2)$$

где I — сила тока электронов в пучке (анодный ток), А; $U_{\text{уск}}$ — ускоряющее напряжение (анодное напряжение), В.

Кинетическая энергия W_k , приобретаемая электронами в электрическом поле, равна

$$W_k = mv_\alpha^2/2 = eU, \quad (3)$$

где e — заряд электрона, равный $1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл; v_e — скорость электрона, км/с; m — масса электрона, равная $9,1 \cdot 10^{-28}$ г; U — разность потенциалов на пройденном электроном участке, В.

При соударении электронов с поверхностью обрабатываемого объекта их кинетическая энергия почти полностью переходит в тепловую, мощность которой W_T приближенно равна

$$W_T = I \cdot U_{\text{уск}}; \quad I = n \cdot e / t, \quad (4)$$

где I — сила тока в электронном потоке, А; $U_{\text{уск}}$ — ускоряющее напряжение, В; n — число электронов в потоке; t — время, с.

Часть электронов отражается от обрабатываемой поверхности. На рис. 2 приведены кривые зависимости коэффициента отражения α электронов от заряда Z ядра атома материала изделия (кривая 1) и, для сравнения, коэффициент отражения света от длины волны λ лазерного излучения для стали (кривая 2) и алюминия (кривая 3) [3]. Согласно этим данным при взаимодействии электронов с поверхностью металлов отношение мощности, уносимой отраженными электронами, к мощности пучка для железа (стали) составляет 0,25–0,3 и лишь для элементов с большими атомными номерами достигает 0,5 (вольфрам). В то же время большинство металлов на длине волны оптического излучения 10 мкм (такая длина волны характерна для CO_2 -лазеров) имеют коэффициент отражения 0,85–0,95.

При увеличении энергии электронов их отражение уменьшается. Этот эффект связан с тем, что максимум энергосвечения электронного пучка находится не на поверхности твердого тела, а на некотором расстоянии под ней.

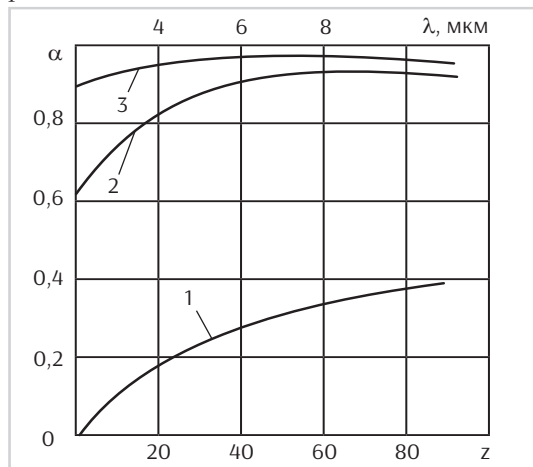


Рис. 2. Кривые зависимости отражения α электронов от заряда Z ядра материала изделия (кривая 1) и коэффициента отражения света от длины волны λ лазерного излучения для стали (кривая 2) и алюминия (кривая 3)

Незначительная часть (0,1–3%) кинетической энергии преобразуется в рентгеновское излучение, мощность которого $W_{\text{рен}}$ равна

$$W_{\text{рен}} = a Z I U_{\text{уск}}^2, \quad (5)$$

где Z — порядковый номер элемента в периодической системе; I — сила тока электронного пучка, мА; $U_{\text{уск}}$ — ускоряющее напряжение, кВ; a — коэффициент пропорциональности (при $U_{\text{уск}}$ в кВ, $a = 1,5 \cdot 10^{-6}$).

Электроны, тормозящиеся на поверхности анода, проникают на некоторую глубину в вещество анода. Толщина слоя вещества, в котором электрон полностью теряет скорость, называется пробегом электрона или глубиной его проникновения. Пробег электрона δ равен

$$\delta = 2,1 \cdot 10^{-11} (U_{\text{уск}}^2 / \gamma) \quad (\text{м}), \quad (6)$$

где γ — плотность вещества, кг/м³; $U_{\text{уск}}$ — ускоряющее напряжение, В.

В зависимости от ускоряющего напряжения и плотности металла электроны проникают на глубину 10–50 мкм. При торможении электронного пучка выделяющаяся тепловая энергия, в зависимости от ее мощности, нагревает, размягчает, плавит или испаряет металл.

Для сварки, плавления и размерной обработки необходима плотность мощности луча (Вт/см²), равная

$$W_{\text{уд}} = 3,47 \lambda T_{\text{пл}} / [d_s \cdot \log(d_s / d_0)], \quad (7)$$

где $W_{\text{уд}}$ — плотность мощности луча для образования расплавленной ванны диаметром d_s , равным толщине металла; $T_{\text{пл}}$ — температура плавления, °С; d_0 — диаметр участка, на краях которого температура $T_0 = 0$ °С остается неизменной; λ — теплопроводность металла, Вт/см² · град.

Плотность энергии электронного луча может изменяться в достаточно широких пределах от 10^2 до $5 \cdot 10^8$ Вт/см².

В электронно-лучевой пушке создается вакуум около 10^{-3} Па, а в рабочей камере в процессе работы — менее $5 \cdot 10^{-2}$ Па.

Использование вакуумной защиты при различных технологиях электронно-лучевой обработки позволяет существенно влиять на качество обработки материалов [4]. Вакуум является не только защитной средой, предохраняющей металл от действия атмосферы, но он также ускоряет и способствует более полному завершению термодинамических процессов, протекающих в расплавленном и нагретом металле.

Кинетическая роль вакуума наиболее ярко проявляется в резком ускорении выхода газов из металла, а термодинамическая — в значительно более полном удалении примесей.

Установлено, что вакуумная среда активно воздействует на нагретый расплавленный металл, обеспечивая его дегазацию, повышение плотности, удаление окислов, примесей и загрязнений, как с поверхности, так и из внутренних слоев металла. Один из наиболее распространенных дефектов, встречающихся в сварных швах — газовые поры. Газовая пористость возникает из-за наличия в жидком металле избыточного количества газов, которые с понижением температуры металла выделяются из него вследствие уменьшения их растворимости. Эти газы в результате коагуляции превращаются в пузырьки, которые, не успевая всплыть на поверхность, образуют поры в закристаллизовавшемся металле и на разделе твердой и жидкой фаз.

Таблица 1. Классификация электронно-лучевых технологий

Способы электронно-лучевых технологий	Форма электронного пучка		Параметры электронного пучка	Основные параметры технологического процесса	Основные области применения
	аксиально-симметричная	ленточная			
Сварка	+	–	$U_{acc}=10-150$ кВ $P_{max}=120$ кВт $d=0,05-1$ мм	$h_{min}=0,1$ мм $h_{max}=300$ мм $(h/B)_{max}=50$ $v=1-15$ мм/с	Все отрасли машиностроения
Наплавка, поверхностный переплав	+	+	$U_{acc}=10-150$ кВ $P_{max}=15$ кВт $d=0,5-1$ мм	$h_{max}=10$ мм $B_{max}=500$ мм $v=5-25$ мм/с	Поверхности слитков и полуфабрикатов, деталей трения и режущего инструмента. Производство аксиально-симметричных деталей сложной формы
Поверхностная закалка, локальная термообработка	+	–	$U_{acc}=20-150$ кВ $P_{max}=60$ кВт $d=0,05-1$ мм $f_{sc}=5-20$ кГц	$h_{max}=5$ мм $B_{max}=200$ мм $v=10-50$ мм/с	Авиа- и судостроение, инструментальная промышленность, микроэлектроника. Шестерни, валы, подшипники, детали трения, эмиттеры
Резка	+	–	$U_{acc}=60-150$ кВ $P_{max}=30$ кВт $d=0,05-0,5$ мм	$h_{max}=60$ мм $B_{max}=2,5$ мм шероховатость $R\leq 0,25$ мм $v=1-15$ мм/с	Турбокомпрессоры. Резка химически активных и тугоплавких металлов и сплавов
Сверление	+	–	$U_{acc}=60-150$ кВ $P_{max}=15$ кВт $d=0,05-0,2$ мм $f_{mod}=4-3000$ Гц	$h_{max}=10$ мм $D=0,05-1,5$ мм	Двигателестроение. Фильтры, сепараторы, фильеры, форсунки и др.
Пайка	+	–	$U_{acc}=10-150$ кВ $P_{max}=15$ кВт $d=0,05-1$ мм	$T=3000$ К	Инструментальная промышленность
Гравировка	+	–	$U_{acc}=60-150$ кВ $P_{max}=15$ кВт $d=0,05-0,2$ мм	$h_{max}=1$ мм	Регистрация технологических процессов. Маркировка. Художественные изделия
Плавка	–	+	$U_{acc}=20-30$ кВ $P_{max}=1200$ кВт	Максимальные размеры слитка 900×4000 мм	Металлургия чистых металлов и сплавов. Утилизация отходов дорогостоящих металлов и сплавов
Нанесение покрытий	+	+	$U_{acc}=20-30$ кВ $P_{max}=300$ кВт	Максимальная скорость осаждения -100 нм/с	Турбиностроение. Оптика. Электроника
Создание новых (биметаллических, композитных) материалов – осаждением паров	+	+	$U_{acc}=20-30$ кВ $P_{max}=300$ кВт	Максимальные размеры производимого материала – 2000×5 мм	Электрические контакты при больших силах тока
Создание капельных брызг расплава (используя быстрое вращение мишени)	+	+	$U_{acc}=20-150$ кВ $P_{max}=120$ кВт $d=0,5-1$ мм	Диаметр капель $0,1-3$ мм. Скорость вращения цилиндрической мишени – $1500-7500$ об/мин	Детали трения вращения. Газотурбинные двигатели

Примечание. h_{min} , h_{max} – минимальная и максимальная глубина обработки соответственно; B_{max} – максимальная ширина обработки; v – скорость обработки; T_{max} – максимальная температура; D – диаметр; U_{acc} – ускоряющее напряжение; P_{max} – максимальная мощность электронного пучка; d – диаметр электронного пучка; f_{sc} – частота сканирования электронного пучка; f_{mod} – частота модуляции тока электронного пучка

Использование вакуумной защиты при сварке, наплавке, переплавке и других видах электронно-лучевой обработки является одним из наиболее совершенных способов предупреждения образования пор. Использование вакуума, при этом, полностью устраняет причины, вызывающие образование пор. Кроме того, вакуум активно способствует устранению пористости за счет удаления газов из основного металла. Создание вакуума над ванной расплавленного или нагретого твердого металла сопровождается повышением скорости выделения газов за счет увеличения скорости диффузии в твердом металле.

При сварке и других технологиях обработки химически активных металлов наличие окислов и загрязнений является одним из главных факторов, препятствующих получению качественного результата. Установлено, что активное воздействие вакуумной защиты на процесс металлообработки дает возможность освободиться от поверхностных загрязнений, газов и жидких пленок. Обычно после нагрева в вакууме поверхность металла становится блестящей.

Основные характеристики и классификация электронно-лучевых технологий (ЭЛТ) представлены в табл. 1 [4].

Необходимо отметить, что ЭЛТ плавки и обработки материалов по праву относятся к наиболее наукоемким, имеющим большую перспективу и эффективность применения [1].

Список литературы

1. Патон Б. Е. Современные электронно-лучевые технологии Института электросварки им. Е. О. Патона НАНУ // Автомат. сварка. – 2001. – № 2. – С. 3–8.
2. Попилов Л. Я. Основы электротехнологии и новые ее разновидности. – Л.: Машиностроение, 1971. – 216 с.
3. Коротеев А. С., Васильев М. Н. Технологические процессы на основе концентрированных электронных пучков. – Автомобильная промышленность. – 1983. – № 11. – С. 21–23.
4. Кайдалов А. А. Электронно-лучевая сварка и смежные технологии. – Киев: Эко-технология, 2004. – 260 с.

● #886

«Умные» зажимы контактных стыковых машин «Чайка» для сварки лент и стержней

Д. В. Чайка, д.т.н., В. Г. Чайка, к.т.н., Б. И. Волохатюк, А. И. Ситко, ИЭС им. Е. О. Патона НАНУ (Киев)
С. П. Крушневич, к.т.н., Институт газа НАНУ (Киев), А. А. Хатаян (Вильнюс, Литовская Республика)

Контактная сварка — термомеханический процесс образования неразъемного соединения металлов вследствие сцепления их атомов, при котором локальный нагрев свариваемых деталей протекающим электрическим током в зоне соединения сопровождается пластической деформацией, развивающейся под действием сжимающего усилия. По методу нагрева различают два способа сварки — контактная стыковая сварка сопротивлением и контактная стыковая сварка оплавлением.

Основной недостаток практически всех ручных зажимов контактных стыковых машин в том, что они не раскрываются полностью после каждой сварки для очистки токоподводящих электродов, а усилие зажатия в них не контролируется. Поскольку усилия осадки мало для тонких и узких лент, нет необходимости в их сильном зажатии. При зажатии узких лент на губках остается след (пила продавлиывает токоподводящий электрод). Усилие зажатия должно обеспечивать качественный токоподвод без проскальзывания пилы в губках. Для этого целесообразна разработка «умных» зажимов, которые будут зажимать ленту с заданным усилием, пропорциональным ее толщине. Кроме того, зажимы должны обеспечивать равномерное распределение усилий прижима и контактных сопротивлений в токоподводах и, соответственно, равномерный нагрев по ширине ленты. Для этого они должны иметь легкую и понятную настройку узла зажатия пилы с предварительной установкой на шкале зажима значения толщины свариваемой ленты.

К общим недостаткам контактных машин известных зарубежных производителей можно отнести:

- расположение зажимов лент не симметричное по отношению к оси сварочного трансформатора не обеспечивает равномерного нагрева лент при термообработке (электромагнитное поле трансформатора смещает линии тока);
- большие массы подвижных зажимов обуславливают малые скорости осадки при сварке сечений, которые являются минимальными для сварочной машины;
- процесс оплавления сопровождается выделением большого количества частиц металла в виде брызг и аэрозолей. Поэтому во всех сварочных машинах чрезвычайно уязвимы подшипники каретки подвижного зажима и поверхности медных токоподводящих губок;
- для шлифовки токоподводов необходимо их снятие со сварочной машины;

Существующие сварочные машины практически исчерпали свои возможности по улучшению свойств сварных соединений. Поэтому авторами была разработана и внедрена в производство серия машин для стыковой сварки оплавлени-

ем нового поколения «Чайка» [3, 4, 5], в которых отсутствуют выше перечисленные недостатки. Основные особенности разработанных машин, отличающие их от машин других производителей следующие:

- каретка подвижного зажима не имеет трущихся частей (подшипников) и не требует специального обслуживания в процессе эксплуатации машины;
- машины обеспечивают максимальную (заложенную в конструкции) скорость при закрытии искрового зазора в процессе осадки при сварке всех сечений на всех режимах сварки;
- зажимы лент раскрываются таким образом, что обеспечивают полный доступ к токоподводящим губкам для их очистки после каждой сварки;
- зажимы обеспечивают усилие прижатия ленты верхней губкой к электроду, пропорциональное толщине зажимаемой ленты;
- зажимы имеют легкую и понятную настройку равномерного распределения усилия прижатия по ширине ленты и равномерного нагрева путем предварительной установки на шкале зажима значения толщины свариваемой ленты;
- управление машиной осуществляется одним рычагом либо джойстиком, что доступно любому сварщику;
- для оценки качества получаемых соединений в электронном устройстве машины измеряется и отображается на дисплее реальное значение полученной осадки;
- трансформатор сконструирован таким образом, что потери мощности от магнитных потоков рассеяния сведены к минимуму.

Технические данные машин для контактной стыковой сварки оплавлением «Чайка» приведены в табл. 1.

Разработанное оборудование запатентовано, имеет высокую надежность и обеспечивает стабильное качество сварных соединений ленточных пил, прутков и проволок.

Сегодня производятся две новые модели сварочных машин «Чайка», разработанные

авторами. Первая машина МКССО-40 — с ручным включением и с гидравлическим приводом оплавления, вторая МКССО-60 — полностью автоматическая с электрическим приводом оплавления, управляемая микроконтроллером.

В первой модели (МКССО-40) применен разработанный авторами гидравлический привод оплавления с саморегулированием скорости оплавления: при срыве оплавления по какой-либо причине (окисленные торцы, падение напряжения сети и т. д.) нагрев лент переходит из процесса оплавления в процесс нагрева сопротивлением. Вследствие этого твердые слои металла оплавляемых торцов опираются друг о друга и давление жидкости в гидроцилиндре уменьшается, а скорость перемещения поршня снижается, и, соответственно, скорость оплавления автоматически уменьшается. При этом машина выходит из кризиса (стабилизируется оплавление) без потери качества сварного соединения. Скорость сварки (время сварки) регулируется дросселем гидроцилиндра. Для минимального изменения скорости оплавления и времени сварки в связи с изменением вязкости жидкости, в зависимости от температуры окружающей среды, в машине используется специальное гидравлическое масло. Его вязкость мало зависит от температуры. Привод оплавления в новой модели машины полностью переработан таким образом, что срок службы гидроцилиндра практически неограничен. Особенностью машины является то, что время сварки не постоянно вследствие саморегуляции скорости оплавления. Для контроля времени сварки предусмотрена индикация. Тепловыделение в стыке после включения осадки регулируется мощностью импульсов тока и временем их прохождения.

Вторая модель (МКССО-60) сварочной машины автоматизирована и управляется микроконтроллером. Это позволило упростить конструкцию механической части и тем самым повысить ее надежность. В дополнение, в зависимости

от типа пилы, возможно оперативное изменение набора параметров сварки для выбора оптимального ускорения при оплавлении, времени сварки и точного дозирования тепловыделения при осадке. Последнее обеспечивается путем строгого дозирования количества импульсов тока, проходящих через стык после включения осадки, и их мощности. Для оценки качества получаемых соединений после каждой сварки производится измерение реальной величины осадки и ее значение отображается на дисплее.

На машине установлены разработанные авторами «умные» зажимы, которые раскрываются полностью после каждой сварки для очистки контактных поверхностей верхних губок и токоподводящих электродов (рис. 1).

В данных зажимах независимо от усилия на кулачке, закрывающего зажим, усилие прижатия ленты верхней губкой к электроду пропорционально толщине зажимаемой ленты. Для обеспечения равномерного распределения усилия прижатия по ширине ленты и, соответственно, равномерного нагрева зажимы имеют легкую и понятную настройку. Это обеспечивается путем предварительной установки на шкале, вынесенной на переднюю часть зажима, значения толщины свариваемой ленты. Для повышения качества зажатия узких ножей и лобзиков введена простая и эффективная настройка положения верхней губки по отношению к электроду, а благодаря новой конструкции кулачка, закрывающего зажим (подшипники установлены на ось, на которую замыкается кулачок), срок службы узла значительно увеличен.

Благодаря специально разработанному алгоритму управления работой сварочного аппарата удалось сократить количество основных органов управления до одного 4-позиционного джойстика, которым выполняется как выбор предварительных настроек сварки, так и запуск самой сварки и термообработки. Упорная рамка, регулирующая

Таблица 1. Технические данные машин для контактной стыковой сварки оплавлением «Чайка»

Параметры	«ЧАЙКА» МКССО-40	«ЧАЙКА» МКССО-60
Первичное напряжение сети, В	380	380
Максимальный первичный ток (при сварке), А	10	15
Ширина / толщина свариваемых лент, мм	10–40 / 0,6–1,3	20–60 / 0,7–1,3
Диаметры свариваемых проволок и стержней из низкоуглеродистых сталей, мм	1,0–8,0	1,5–9,0
Количество сварок (лент) в час	30–40	30–40
Время сварки, с	0,9–2,0	1,0–2,0
Напряжение сварки, В	2,8–3,2	2,8–3,4
Охлаждение	водяное, автономное	водяное, автономное
Усилие осадки, Н	200–400	200–800
Регулировка термообработки	ручная	ручная / автоматическая
Габаритные размеры НхЛхВ, мм	250х500х400	250х500х400
Масса, кг	85	85

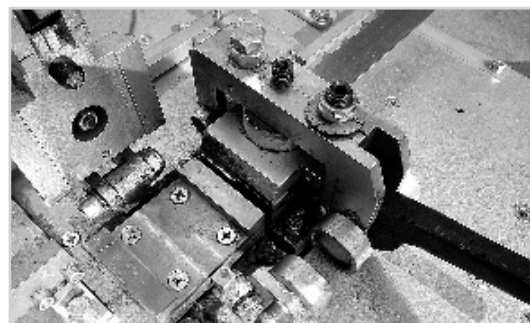


Рис. 1. Внешний вид зажимов на машине «Чайка» МКССО-60

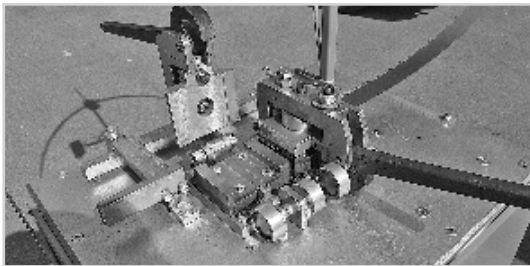


Рис. 2. Упорная рамка для двух зажимов машины «Чайка» МКССО-60

новке, регулировке и выполнению параметров сварки, обеспечивает стабилизацию тепловыделения в стыке при осадке. Блок-схема работы сварочного аппарата с электронным управлением представлена на рис. 3.

На основании изложенных выше преимуществ машины «Чайка» МКССО-60, можно сделать следующие выводы:

1. Разработана машина для контактной стыковой сварки, каретка подвижного зажима которой не имеет трущихся частей (нет подшипников) и не требует обслуживания в процессе эксплуатации.

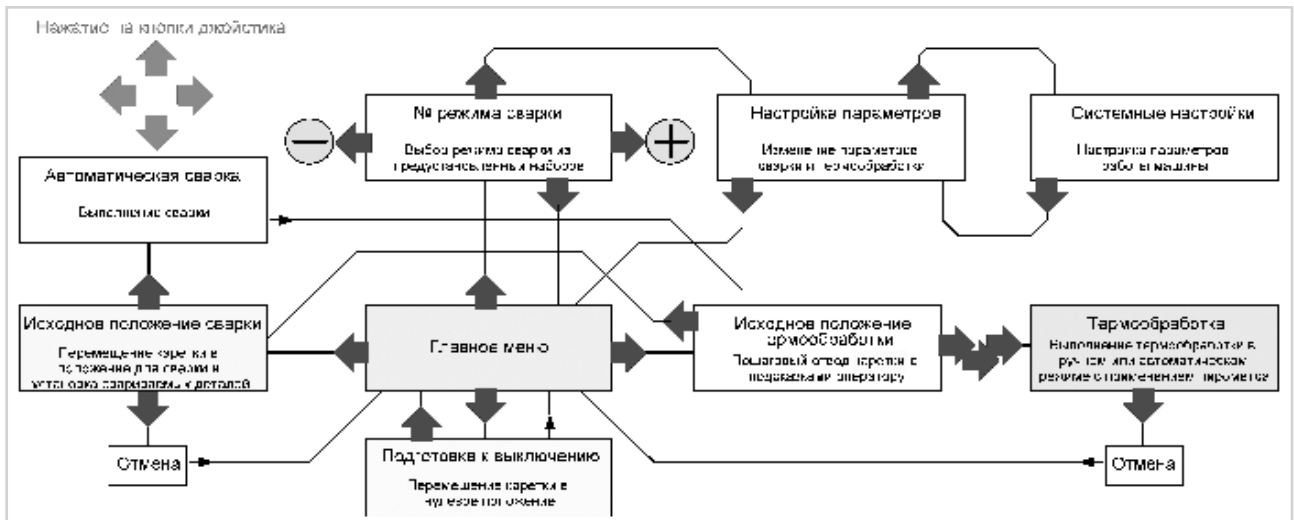


Рис. 3. Блок-схема работы сварочного аппарата с электронным управлением

выступ зуба из зажимов машины и обеспечивающая прямолинейную сварку лент, выполнена общей для двух зажимов, имеет облегченную настройку одним болтом и допускает поддержку пилы как по зубу, так и по «спине» (рис. 2).

Удобство такого решения было подтверждено в процессе эксплуатации машины. Программное обеспечение сварочного аппарата допускает обновление встроенной программы самим пользователем, что дает возможность оперативно отреагировать на просьбы оператора по корректировке алгоритма работы без необходимости перевозки самого аппарата в сервисный центр. Многоязыковый интерфейс позволяет использовать машину в различных странах.

Одним из основных преимуществ машины с микроконтроллерной системой управления является то, что для ее использования не требуется специального обучения оператора-сварщика. Машина сама предлагает режимы сварки и термообработки разнообразных пил, ножей и лобзиков. Сварщику достаточно выбрать из меню свой вариант и выполнять пошаговые инструкции, предлагаемые на дисплее. Кроме того, машина имеет очень широкие возможности по уста-

2. Разработаны зажимы, обеспечивающие усилие зажатия ленты пропорциональное ее толщине, легкую и понятную настройку равномерного нагрева по ее ширине, полный доступ к электродам для их очистки после каждой сварки.

3. Отпала необходимость в обучении сварщика. Управление машиной осуществляется одним джойстиком по подсказкам на дисплее, что упрощает работу оператора и делает ее более продуктивной.

4. Предложен метод оценки качества получаемых соединений путем измерения реальной величины осадки, значение которой отображается на дисплее после каждой сварки.

● #887

Литература

1. Кучук-Яценко С. И., Лебедев В. К. Контактная стыковая сварка непрерывным оплавлением. — Киев: Наукова думка, 1976. — 328 с.
2. Патон Б. Е., Лебедев В. К. Электрооборудование для контактной сварки. Элементы теории. — М.: Машиностроение, 1969. — 440 с.
3. Пат. 77255 Украина «Машина для контактной стыковой сварки оплавлением «ЧАЙКА» / В. Г. Чайка и др. — Опубл. 15.02.2006, Бюл. № 2 и 15.11.2006, Бюл. № 11.
4. Чайка В. Г., Волохатюк Б. И., Чайка Д. В. Серия машин «Чайка» для контактной стыковой сварки ленточных пил, проволок и стержней // Автомат. сварка. — 2008 г. — № 10. — С. 53–56.
5. Чайка В. Г., Волохатюк Б. И., Чайка Д. В. Проблемы контактной стыковой сварки ленточных пил, проволоки и стержней // Сварщик. — 2008. — № 5. — С. 28–33.

Дугоконтактная конденсаторная сварка разнородных металлов

Д. М. Калеко, канд. техн. наук, ИЭС им. Е. О. Патона НАНУ

Дугоконтактная сварка, в том числе конденсаторная, представляет собой способ, при котором дуга горит между соединяемыми поверхностями металлических деталей. При этом происходит нагрев этих поверхностей и на заключительной стадии процесса детали стыкуются усилием осадки. Как правило, при этом способе сварки, хотя бы одна деталь имеет не слишком большое сечение, а площадь сварного сечения соответствует этому сечению.

В настоящее время применяется дугоконтактная конденсаторная сварка металлических деталей, имеющих круглые или прямоугольные сечения, площадью до 30 мм². Эскизы сварных соединений приведены на рис. 1.

Из рис. 1 видно, что одна из соединяемых деталей (относительно малого сечения) может быть проволокой или стержнем (а, б, г–л), пластиной (б, ж, п), многожильным проводом (с, т), шариком (ж, м–з) или втулкой (у).

Дугоконтактная конденсаторная сварка по характеру соединения может выполняться в двух вариантах: в твердом состоянии и с наличием закристаллизовавшегося металла в стыке. В твердом состоянии выполняются соединения сечением до 1,2 мм², при этом необходимо, чтобы в паре деталей неравного сечения осаживаемая деталь малого сечения

была из металла, имеющего меньшую (небольшую) твердость, чем у металла другой детали-партнера. Увеличение сечения вызывает необходимость пропорционального повышения усилия осадки, что приводит к определенным сложностям создания ручного инструмента, но может быть реализовано в стационарных установках. Увеличение усилия осадки может вызвать деформацию ответной детали, что в некоторых случаях ухудшает эксплуатационные или эстетические характеристики изделия. Поэтому для сечений свыше 1,5 мм², как правило, применяют разновидности дугоконтактной сварки, при которых уменьшают удельное усилие осадки, что приводит к неполному удалению закристаллизовавшегося металла в стыке.

Величина свариваемого сечения является отправной характеристикой классификации разновидностей дугоконтактной сварки, поскольку определяет необходимое время горения дуги.

Наименьшее время горения дуги (нагрева) — до 1 мс — реализуется в процессе ударной конденсаторной сварки (УКС). До 3–4 мс длится нагрев при конденсаторной приварке шпилек. От 20 до 100 мс горит дуга при дуговой приварке шпилек «коротким циклом», а свыше 100 мс — при дугоконтактной сварке с искусственным формированием внешнего валика вокруг присоединяемого стержня или Т-образной приварке тонкой пластины сечением до 30 мм².

Метод УКС реализуется при высоковольтном разряде конденсаторов относительно малой емкости. Напряжение зарядки конденсаторов свыше 400 В позволяет надежно возбуждать дугу даже на окисленных поверхностях, а высокое давление паров свариваемых металлов дает возможность почти во всех случаях применения этого способа обходиться без защиты зоны сварки, в том числе, при соединении высокоактивных металлов, таких, как алюминий, титан или вольфрам. Защита зоны стыка от внешней атмосферы оказалась необходимой только

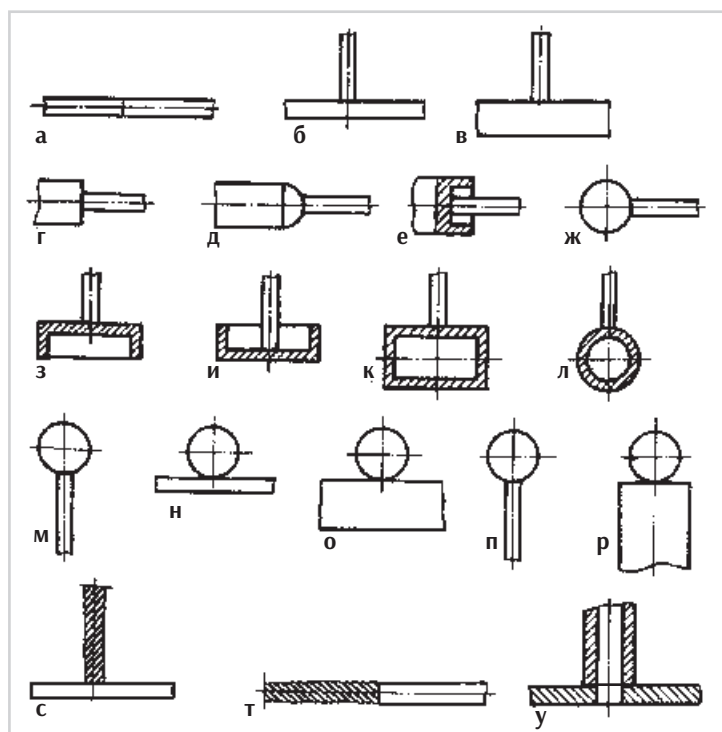


Рис. 1. Эскизы сварных соединений, выполняемых различными способами дугоконтактной сварки

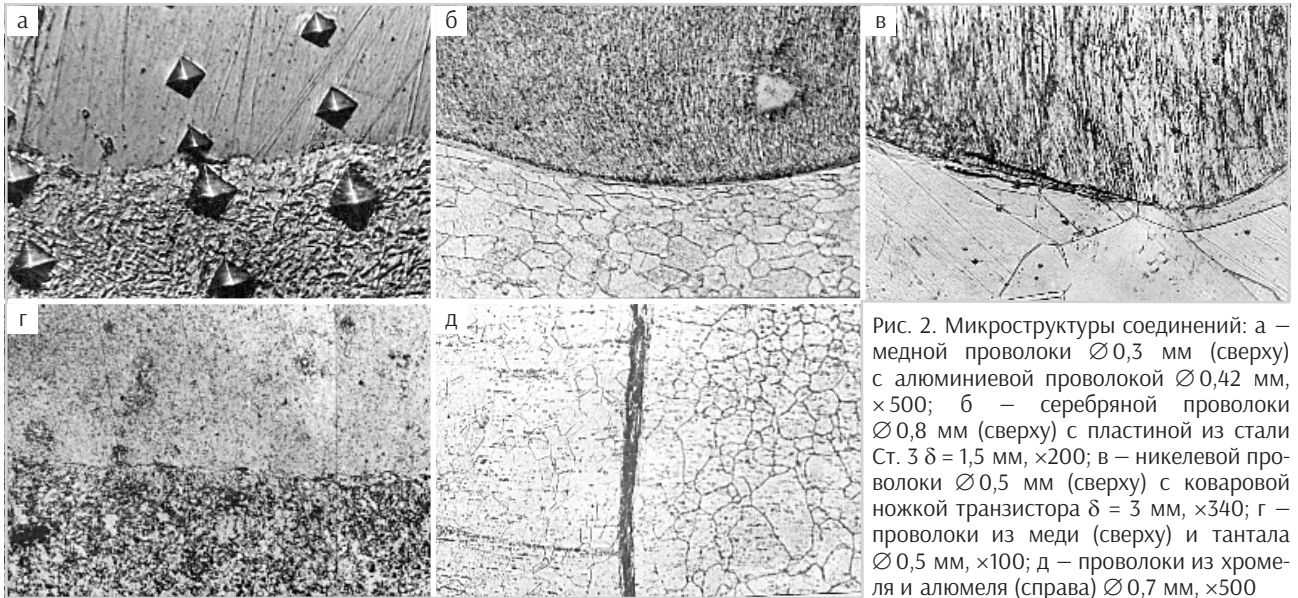


Рис. 2. Микроструктуры соединений: а — медной проволоки $\varnothing 0,3$ мм (сверху) с алюминиевой проволокой $\varnothing 0,42$ мм, $\times 500$; б — серебряной проволоки $\varnothing 0,8$ мм (сверху) с пластиной из стали Ст. 3 $\delta = 1,5$ мм, $\times 200$; в — никелевой проволоки $\varnothing 0,5$ мм (сверху) с коваровой ножкой транзистора $\delta = 3$ мм, $\times 340$; г — проволоки из меди (сверху) и тантала $\varnothing 0,5$ мм, $\times 100$; д — проволоки из хрома и алюминия (справа) $\varnothing 0,7$ мм, $\times 500$

при УКС проволоки с пластиной из никель-титанового сплава (нитинола).

Благодаря очистке дугой поверхности металлов в месте сварки от адсорбированных газов и защите зоны сварки от взаимодействия с воздушной атмосферой, область соединения перед осадкой «ювенильно» чистая. При этом прилегающая к стыку часть металла нагрета до пластичного состояния. При сближении свариваемых поверхностей до расстояний адгезионного взаимодействия создаются предпосылки для получения твердофазного соединения. При сварке в твердом состоянии разнородных металлов, учитывая разновеликость их кристаллов, наблюдается непрерывная граница, разделяющая соединенные детали. Однако в этой зоне создаются условия, благодаря которым сварное соединение при растяжении разрушается по менее прочному звену вдали от места сварки.

При сварке элементов изделия, имеющих разное сечение по оси соединения, осадка элемента с меньшим сечением приводит к увеличению поверхности схватыва-



Рис. 3. Микроструктура соединения стальной проволоки $\varnothing 0,8$ мм (сверху) с медной пластиной, $\times 600$

ния и, соответственно, увеличению прочности соединения. Поэтому, как правило, соединения, полученные методом УКС, разрушаются по наиболее слабому материалу вдали (более 3 диаметров) от места сварного соединения.

На рис. 2 показаны микроструктуры соединений, полученных ударной конденсаторной сваркой в твердом состоянии.

Интересно отметить, что сварка в твердом состоянии позволяет получить соединения металлов, сплав которых не известен, например соединение меди и тантала (рис. 2, г).

Очистка свариваемых поверхностей и их сближение при УКС настолько стабильны, что позволяют автоматизировать этот процесс и получать гарантированное качество сварных соединений при стабильности напряжения зарядки конденсаторов и работы механизма соударения.

Сварка разнородных деталей разного сечения имеет особенность, которую необходимо учитывать. Если металл детали меньшего сечения имеет твердость больше, чем у металла детали-партнера, то при соударении происходит ее погружение в деталь-партнер без образования твердофазного соединения.

Для получения прочных соединений в таких случаях применяют технологический прием предварительного увеличения сечения проволоки путем деформации ее привариваемого конца. При этом уменьшается удельное усилие осадки и проволока не углубляется в деталь-партнер. В то же время снижение удельного усилия осадки не позволяет сблизить свариваемые поверхности до возникновения сил схватывания, поэтому в зоне соединения сохраняется закристаллизовавшийся металл свариваемых деталей. Однако, благодаря импульсному характеру нагрева и чрезвычайно высокой скорости охлаждения, достигающей 10^6 К/с, в стыке происходит не столько растворение, сколько защемление расплавленного и закристаллизовавшегося металла обеих свариваемых деталей. В качестве примера на рис. 3 приведена микроструктура стальной проволоки, приваренной к медной пластине. Как известно, взаимная растворимость меди и желе-

за при комнатной температуре составляет несколько процентов. Тем не менее, полученный тип структуры обеспечивает равнопрочность соединения стальной проволоке при условии увеличения площади сварки в 2 раза (в данном случае привариваемый торец стальной проволоки был осажен до диаметра 1,2 мм, т. е. сечение возросло в 2,25 раза).

При дугоконтактной конденсаторной приварке стержней диаметром более 2 мм к изделиям с развитой поверхностью (такой процесс получил название конденсаторной приварки шпилек) усилие осадки практически всегда недостаточно для вытеснения расплавленного металла из зоны сварки, поэтому в таких случаях соединение происходит с сохранением закристаллизовавшегося металла в стыке. Учитывая требование получения сварного соединения, равнопрочного с материалом шпильки (стержнем), международным стандартом ISO13918 предусматривается создание (холодной высадкой) буртика на привариваемом торце шпильки. Диаметр буртика превышает диаметр шпильки на 1,5 мм.

При определении свариваемости шпильки и пластины из разнородных материалов существенным фактором является соотношение их диаметров и толщин. Например, известна сложность получения соединения алюминия со сталью сваркой плавлением. Но если диаметр шпильки превышает толщину листа, к которому она должна быть приварена, соединение получается равнопрочным с одним (менее прочным) элементом изделия.

На рис. 4 представлены микроструктуры таких соединений. Для них характерно наличие заземленного металла в стыке. При этом заземление всегда происходит в металле пластины. Вероятно, это связано с тем, что ванна на пластине всегда больше диаметра шпильки, независимо от полярности сварки.

Поскольку при конденсаторной приварке шпилек удельное усилие осадки невелико по сравнению с УКС, а привариваемая поверхность торца шпильки имеет площадь больше ее поперечного сечения, не возникает проблем при соединении металлов разной твердости. Эксперименты показали надежную приварку медных шпилек к стальному листу и стальных шпилек к медному листу (в кристаллодержателях мощных транзисторов).

Сохранение расплавленного металла в стыке играет положительную роль при приварке стержней к изделиям порошковой металлургии. Примером таких соединений может служить сварное соединение латуни Л63 с медно-вольфрамовым сплавом (мундштук сварочного аппарата) (рис. 5).

К разряду разнородных могут быть также отнесены соединения из отличающихся марок стали. Особый практический интерес представляет присоединение шпилек к изделиям из средне- и высокоуглеродистых сталей, широко применяемых в машиностроении и строительстве. Учитывая кратковременность процесса конденсаторной приварки шпилек, международными стандартами регламентируется содержание углерода в стальных шпильках и изделиях на уровне до 0,17 %. Однако результаты исследова-

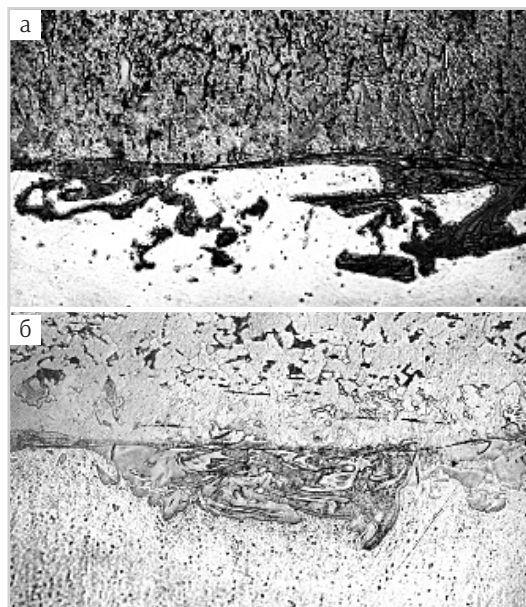


Рис. 4. Микроструктуры соединений: а – алюминиевого стержня $\varnothing 3$ мм с пластиной из стали Ст. 3, $\times 200$; б – стального стержня $\varnothing 5$ мм с алюминиевой пластиной, $\times 500$

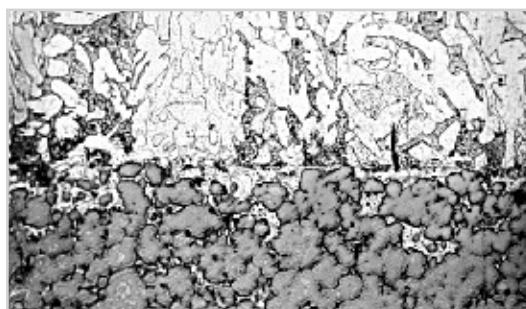


Рис. 5. Микроструктура участка сварного соединения латунного стержня Л63 $\varnothing 6$ мм с медно-вольфрамовым сплавом $\varnothing 8$ мм, $\times 500$

ний, проведенных в ИЭС им. Е.О. Патона НАНУ показывают, что могут быть получены качественные соединения углеродистых сталей с содержанием углерода до 0,8 % со шпильками из низкоуглеродистой и нержавеющей стали, а также латуни. Несмотря на то, что в зоне термического влияния, расположенной со стороны детали из углеродистой стали, отмечается повышенная твердость и структура закалки, такие соединения не разрушаются как при статической, так и ударной нагрузке. «Слабым местом» при этом является «тело» шпильки.

Описанный метод дугоконтактной конденсаторной сварки имеет широкий спектр преимуществ и может быть использован конструкторами и технологами для успешного решения задач соединения ряда однородных и разнородных металлов.

● #888

Сварка термостойких пластмасс. Сварка нагретым инструментом*

М. В. Юрженко, канд. физ.-мат. наук, **Н. Г. Кораб**, канд. тех. наук, **В. Ю. Кондратенко**, **А. Н. Гальчун**,
В. В. Анистратенко, **М. Г. Менжерес**, Институт электросварки им. Е. О. Патона НАНУ

В настоящее время заготовки, состоящие из труб, цилиндров, брусков и т.п., для их последующего целевого использования активно производят из новых термостойких пластмасс класса полиариленов, которые могут традиционно свариваться нагретым инструментом. Данная работа посвящена изучению технологических особенностей сварки нагретым инструментом одного из широко распространенных полимеров класса полиариленов — полиэфиримида (PEI).

Полиэфиримид (PEI) является термостойким, высокопрочным, аморфным, термопластичным полимером с хорошими электроизоляционными свойствами, высоким сопротивлением действию открытого пламени и химически активных веществ. Он полностью сохраняет свои эксплуатационные свойства при рабочей температуре до 170 °С [1]. Полиэфиримид широко используется в качестве матриц для высокотехнологических полимерных композитных материалов для различных стекло-, угле- и органопластиков [2]. Относительно невысокая стоимость PEI по сравнению с другими полимерами класса полиариленов и его хорошая перерабатываемость, привлекают многих производителей, которые выпускают из этих материалов трубы, стержни, листы, а также более сложные профили. При изготовлении деталей из этих заготовок часто возникает потребность использовать для их соединения сварку.

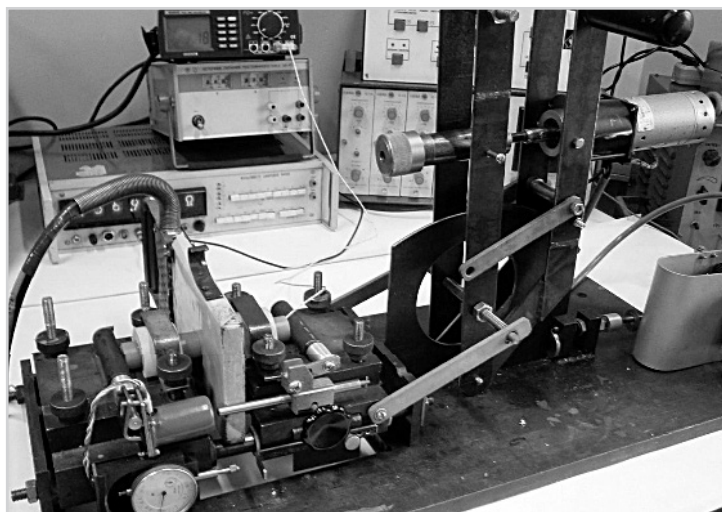


Рис. 1. Экспериментальная установка для сварки термостойких пластмасс нагретым инструментом встык

Ранее [3–5] отмечалось, что полиэфиримид плохо сваривается нагретым инструментом и, как правило, не удается достичь 100 % прочности сварного соединения. В Украине подобные исследования еще не проводились, в связи с чем в данной работе изучали возможность сварки нагретым инструментом встык материала на основе PEI марки ZX-410 компании Zedex. Для сварки использовали образцы, изготовленные из трубы внешним диаметром 63 мм, толщиной стенки 12 мм и листа толщиной 8 мм.

Сварку нагретым инструментом встык материала PEI проводили на экспериментальной установке, представленной на рис. 1. В составе установки — универсальные зажимы для образцов, позволяющие фиксировать детали как плоской, так и круглой формы и электромеханический привод осадки. Сварка велась с помощью специально разработанного высокотемпературного нагревательного инструмента с возможностью регулирования и длительной стабилизации температуры до 500 °С. Для контроля процесса в зоне сварки фиксировали величину осадки образцов.

Согласно паспортным данным характеристическое значение условной температуры плавления материала ZX-410 составляет 320 °С. С целью определения оптимальных режимов сварки в пределах допустимых границ, изменялись основные параметры процесса. Так температура нагревательного инструмента варьировалась в пределах 330–460 °С. Длительность прогрева свариваемых поверхностей устанавливали в пределах 20–40 с в зависимости от характера валиков первичного грата по всему периметру образцов. Рабочее давление при осадке составляло 0,2–0,5 МПа.

Полиэфиримид, по своим характеристикам, имеет низкую теплопроводность, что осложняет его прогрев на значительную глубину. Как аморфный материал он не имеет фиксированной температуры плавления.

* Часть 2. Часть 1 — в № 4–2015.

ния и при нагревании свыше $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ постепенно переходит в пластичное состояние, сохраняя при этом высокую вязкость. Кроме того, PEI обладает высокой адгезией к нагретым поверхностям, поэтому в процессе сварки этот материал сильно прилипает к нагревательному инструменту, что следует учитывать при его изготовлении (использовать высоко-термостойкие антиадгезионные покрытия) и в самом процессе сварки.

Существенной проблемой при сварке полиэфиримида, как отмечалось в исследованиях зарубежных коллег, также является его склонность к образованию пор в сварном соединении при сварке различными способами, что связывают с наличием в нем влаги. Процесс порообразования существенно усиливается с увеличением температуры нагревательного инструмента. Для подтверждения или опровержения утверждений зарубежных коллег исходный материал проверили на содержание влаги: стружку из материала ZX-410 испытывали по методике ГОСТ 26359 «Полиэтилен. Метод определения содержания летучих веществ» при температуре $105\text{ }^{\circ}\text{C}$, которая является достаточной для удаления свободного влаги из материала. В результате испытаний было получено значение доли летучих веществ в материале — $0,75\%$, что скорее связано с большой удельной поверхностью стружки и, по мнению авторов, не может быть причиной столь значительного процесса порообразования, выявленного в проведенных экспериментах при нагревании. Было сделано предположение, что процесс порообразования в зоне сварки может быть связан с влажностью в окружающей среде. Однако эксперименты по сварке нагретым инструментом в защитной атмосфере инертного аргона также не дали положительного результата в уменьшении количества пор в сварном соединении. Отсюда можем сделать вывод, что природа процесса порообразования при нагреве полиэфиримида скорее связана с химическими особенностями материала, чем с внешними факторами.

Экспериментальные сварки нагретым инструментом образцов труб из PEI показали (рис. 2), что для выдавливания вязкого «расплава», вместе

с образовавшимися порами, из зоны сварки необходимо прикладывать значительное давление осадки, существенно большее, чем при сварке полиэтиленовых или полипропиленовых труб. Поскольку трубы из PEI, при толщине стенки в 12 мм, имели большую площадь поперечного сечения, экспериментальная установка не могла обеспечить необходимое усилие осадки, поэтому дальнейшие эксперименты проводили на плоских листовых образцах толщиной 8 мм (рис. 3).

При сварках нагретым инструментом встык плоских листовых образцов шириной от 15 до 50 мм определяли параметры процесса сварки, которые обеспечивают наибольшую прочность сварных соединений. Прочность швов изучали при одноосном растяжении по ГОСТ 11262-80 «Пластмассы. Метод испытания на растяжение». Образцы для испытаний вырезали непосредственно из сварных соединений. В качестве основного критерия качества сварных соединений была принята относительная прочность сварного шва к прочности исходного материала ZX-410, для которого, согласно предварительным испытаниям, предел текучести равен $103,6\text{ МПа}$ (по данным компании-производителя — 101 МПа) при относительном удлинении 32% (по данным компании-производителя — 25%).

Поскольку по результатам предварительных исследований было отмечено увеличение количества пор при высоких температурах, варьированием температуры нагревательного инструмента опытным путем подбирались режимы прогрева образцов с наименьшим эффектом порообразования. Как показали результаты дальнейших экспериментов, такой подход не дал положительного результата. Хотя нагреваемые поверхности при относительно низких температурах нагревателя ($340\text{--}360\text{ }^{\circ}\text{C}$) и переходят в вязкотекучее состояние, глубина прогрева материала в зоне сварки, учитывая его низкую теплопроводность, является недостаточной и сплавления свариваемых поверхностей при осадке практически не происходит (рис. 4).

Очевидно, что текучести материала было недостаточно для формирования полноценного сварного соединения. В результате происходило лишь первичное схватывание образцов и при испытаниях соединения разру-

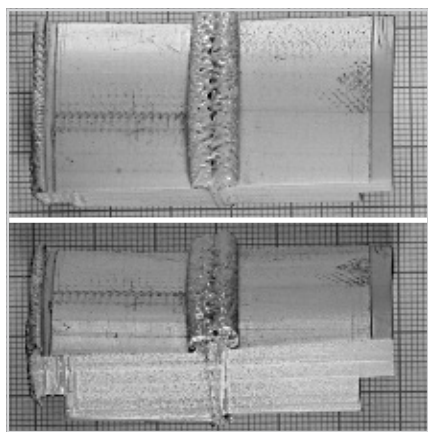


Рис. 2. Сварной шов трубного образца из PEI, полученный при сварке нагретым инструментом встык

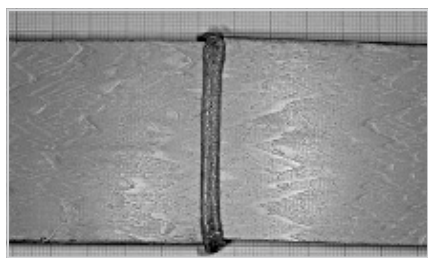


Рис. 3. Сварной шов плоского листового образца из PEI, полученного при сварке нагретым инструментом встык

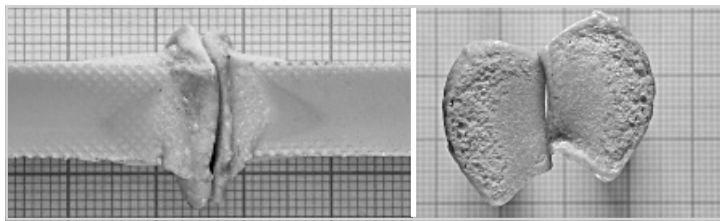


Рис. 4. Внешний вид и характер разрушения сварного шва плоских листовых образцов из PEI, полученного при сварке встык с пониженной температурой нагретого инструмента

шались по линии сплавления с относительной прочностью не более 25 %.

При сварке с температурой нагревательного инструмента $440\text{--}460\text{ }^{\circ}\text{C}$ происходит активный нагрев свариваемых поверхностей. Время прогрева варьировали от 20 до 40 с, добиваясь при этом его достаточной глубины и величины осадки до 4 мм. Однако все же происходило значительное образование пор и механические испытания сварных соединений показывали относительный уровень прочности порядка 45–55 %.

Наилучшие результаты были получены при температуре нагревательного инструмента порядка $400\pm 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ и длительности прогрева 40–50 с. В этом случае эффект поробразования в зоне сварки проявлялся не так явно, что позволило прогревать свариваемые поверхности на достаточную глубину, а затем значительным усилием осадки выдавливать «расплав» вместе с образовавшимися порами в материал грата. Внешний вид сварного соединения плоских образцов шириной 50 мм, выполненного на таком режиме, показан на рис. 5. Проведенные эксперименты показали, что для гарантированного полного выдавливания в грат сформировавшегося пористого «расплава» целесообразно контролировать процесс осадки, обеспечивая ее величину порядка 3–4 мм.

На поперечном сечении сварного соединения плоских листовых образцов (рис. 5, а) видна тонкая, практически неизменная по ширине линия сварного шва и поры различного размера, которые в процессе осадки были выдавлены в материал грата. На образцах, сваренных на оптимальных режимах получили уровень относительной прочности порядка 75–77 %, что является максимальной величиной, достигнутой как в проведенных авторами экспери-

ментах, так и зарубежными коллегами при использовании метода сварки нагретым инструментом встык.

На поверхности образцов, разрушенных в результате механических испытаний (рис. 5, б) видно, что несмотря на отсутствие пор и других включений в сварном соединении, по линии сплавления образуются вертикальные слои материала, похожие по своему внешнему виду на слоистую структуру поверхности листов, которая образуется вследствие высокой вязкости «расплава» материала под действием раскатывающих валков при формировании самих листов на производстве. Разрушение при механических испытаниях происходило со снижением общего уровня прочности по поверхности этих слоев.

Таким образом, на примере полимерного материала ZX-410 на основе полиэфиримида (PEI) показано, что метод сварки термостойких полимеров класса полиариленов нагретым инструментом встык, при температуре нагревательного инструмента $400\pm 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ и длительности прогрева 40–50 с, может обеспечить максимальный уровень в 75–77 % относительной прочности сварных соединений. Этот достаточно простой и технологичный метод сварки может быть применен в промышленных условиях при соединении деталей состоящих из труб, стержней и балок из указанного материала с учетом соответствующего коэффициента запаса прочности. ● #889

Продолжение в следующем номере

Список литературы

1. Михайлин Ю. А. Термоустойчивые полимеры и полимерные материалы. — СПб.: Профессия, 2006. — 624 с.
2. Михайлин Ю. А. Конструкционные полимерные композиционные материалы. 2-е издание, СПб.: Изд. «Научные основы и технологии», 2013. — 822 с.
3. Vijay K. Stokes. A phenomenological study of the hot-tool welding of thermoplastics. Part 3. Polyetherimide. Polymer. — 2001. — Vol.42. — P. 775–792.
4. Ageorges C., Ye L. Fusion bonding of polymer composites. — London: Springer-Verlag Ltd, 2002. — 284 p.
5. Yousefpour A., Hojjati M., Immarigeon J.-P. Fusion bonding/welding of thermoplastic composite materials. — 2004. — Vol. 17. — № 4. — P. 303–339.

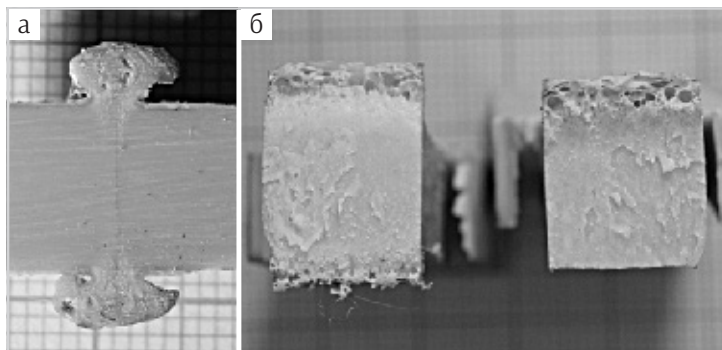


Рис. 5. Поперечное сечение сварного соединения плоского листового образца из PEI (а) и характер разрушения после механических испытаний (б)

Технологии сварки под водой, применяемые в странах СНГ

В. Я. Кононенко, канд. техн. наук, «Экотехнология» (Киев)

Подводная сварка является достаточно востребованным технологическим процессом при строительстве и ремонте гидротехнических сооружений, а также кораблей и судов на плаву. В настоящее время в Украине и странах СНГ используются два способа выполнения сварочных работ под водой — сухая сварка и мокрая сварка [1]:

- *сухая сварка* выполняется внутри сухой камеры, установленной на свариваемый объект [2],
- *мокрая сварка* — в условиях непосредственного соприкосновения с водой и под давлением, величина которого зависит от глубины выполнения сварочных работ [1].

При использовании *сухой сварки* исключается контакт с водой зоны горения дуги и свариваемого металла, что обеспечивает высокий уровень качества сварного соединения [2]. Сегодня сухая сварка часто используется при ремонте газопроводов, например в РФ. Ряд ремонтных работ выполнялся с использованием кессона Захарова [3, 4] (рис. 1).

Для выполнения сухой сварки разработан и изготовлен мобильный комплекс, позволяющий выполнять сварочные работы на глубинах 1,5–40 м (рис. 2). В его состав входят: камера для выполнения сухой сварки, пригоноч-

ная рама, позволяющая фиксировать трубу при установке катушки, система для подачи и фильтрации газа в камеру, водолазный комплекс, позволяющий работать под водой одновременно двум водолазам, система видеоконтроля, сварочное и вспомогательное оборудование, электростанция, расходные материалы. Все оборудование, за исключением камеры и пригоночной рамы, размещается в контейнерах, которые могут перемещаться наземным и воздушным транспортом, что играет важную роль, поскольку большая часть подводных переходов трубопроводов проходит через водоемы, доступ в которые невозможно обеспечить специально оборудованным водолазным судам с глубокой посадкой. Комплекс позволяет обеспечить более комфортную работу водолаза-сварщика и повысить уровень качества сварных соединений с учетом возможной установки катушки на дефектный участок трубы.

Сухую сварку при атмосферном давлении применяют также для ремонта причальных сооружений. Для этого используют специализированный кессон Захарова [3, 4], открытый с боковой части и сверху (рис. 1). Уплотнение по боковой поверхности осуществляют в местах прилегания камеры к ремонтируемому причальному сооружению. Как правило, длина кессона 5–6 м, а высота 3–4 м. Его перемещают по мере ремонта причального сооружения. В этом случае применяют стандартные сварочные материалы, такие же, как и при сварке на воздухе. Аналогичные кессоны широко используют также в Литве и Латвии.

Определенный интерес представляет технология сварки в мини-кессоне, которая является промежуточной между сухой и мокрой сваркой. Для такой сварки А. Захаровым был разработан полуавтомат ПСП-3 [3–5], состоящий из мини-камеры и подающего механизма. Он позволяет осуществлять сварку как в газовой среде (мини-кессоне), так и мокрым спосо-

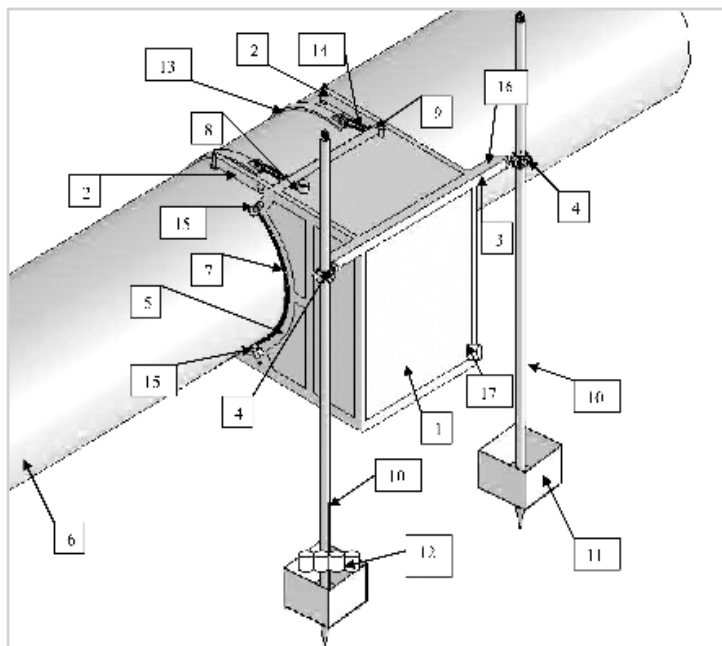


Рис. 1. Общий вид специализированного подводного кессона Захарова: корпус — 1; направляющие — 2; крепежный кронштейн — 3; шарнирное устройство — 4; сегментный вырез корпуса — 5; магистральный трубопровод — 6; резиновый уплотнитель — 7; вентиляционные отверстия — 8, 9; штанги-груза — 10; балластные ящики — 11; балластные груза — 12; прижимные полукольца — 13; талрепы — 14; болты-упоры — 15; монтажные петли — 16; выходной штуцер — 17

бом. ПСП-3 обеспечивает подачу, как проволоки сплошного сечения, так и порошковой проволоки на глубинах до 40 м. Проволока размещается в сухом боксе, который не нагружен и имеет практически нулевую плавучесть. Сварщик и полуавтомат располагаются непосредственно в воде, что значительно снижает стоимость выполнения работ. С помощью полуавтомата ПСП-3 выполнена большая часть работ по сварке мокрым способом при сборке платформы «Приразломная» [3–5] (рис. 3).

При использовании мокрой сварки сварщик и свариваемый объект находятся в водной среде, а процесс происходит без дополнительных сооружений и устройств. Благодаря этому, сварщик имеет большую свободу перемещений, что делает мокрую сварку более востребованным способом подводной сварки, особенно при восстановлении металлоконструкций с развитой поверхностью на глубине до 20 м [4].

Для выполнения таких работ в странах СНГ широко применяются технологии сварки покрытыми электродами и механизированная сварка самозащитными порошковыми проволоками [4]. Сварку покрытыми электродами рационально применять при небольших объемах работ, поскольку у нее низкая производительность.

С учетом особенностей сварочного процесса под водой для исключения холодных трещин при сварке сталей с углеродным эк-

вивалентом $C_s \geq 0,39\%$ и получения соединений с прогнозируемым уровнем свойств необходимы специальная техника сварки и сварочные материалы, обеспечивающие аустенитную структуру металла шва.

Для мокрой сварки низколегированных сталей, в ИЭС им. Е. О. Патона НАНУ и Санкт-Петербургском государственном морском техническом университете (РФ), были разработаны электроды с рутил-флюоритным покрытием на стержне из проволоки Св-10Х16Н25АМ6 марок ЭПС-АН2А и ЛКИ-2П соответственно [6]. Металл шва при сварке стали 17Г1С электродами ЭПС-АН2А обеспечивает следующие механические свойства: $\sigma_T = 340$ МПа, $\sigma_B = 510$ МПа, $\delta = 23\%$, KCV (при -20°C) = 40 Дж/см² и угол загиба 180° , а при сварке стали типа Х60: $\sigma_T = 435$ МПа,

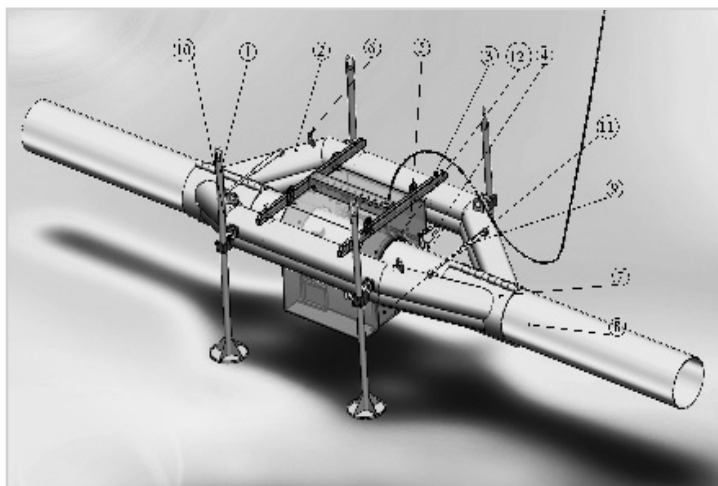


Рис. 2. Общий вид подводного сварочного комплекса: опора – 1; установочная рама – 2; опорная балка – 3; откидной упор – 4; корпус кессона – 5; грузовая проушина – 6; трубный захват – 7; трубопровод – 8; гидронатяжитель – 9; герметизирующие створки – 10; камера для сухой сварки – 11; пневматическое уплотнение – 12.



Рис. 3. Общий вид морской ледостойкой стационарной платформы (МЛСП) «Приразломная»

Таблица 1. Марки покрытых электродов и порошковых проволок для подводной сварки

Марка электродного материала	Предел прочности σ_B , МПа	Предел текучести σ_T , МПа	Относительное удлинение δ_5 , %	Ударная вязкость KCV, при -20°C , Дж/см ²	Угол загиба α по классу В AWS D3.6M
Покрытые электроды					
ЭПС-52	390–420	не нормирован	6–20	не определялась	не нормирован
ЭПС-АН1	≥ 420	не нормирован	≥ 14	не определялась	не нормирован
ЭЗ8-ЛКИ-1П	410	не нормирован	≤ 8	не определялась	не нормирован
Самозащитные порошковые проволоки					
ППС-АН1	400–430	300–320	14–16	≥ 10	180
ППС-АН2	400–440	300–340	13–18	≥ 25	180
ППС-АН5	420–460	320–360	13–17	≥ 25	180
ППС-ЭК1	400–460	300–360	14–18	≥ 25	180

$\sigma_B = 580$ МПа, $\delta = 18\%$, KCV (при -20°C) = 60 Дж/см² и угол загиба 180° . В табл. 1 приведены марки других покрытых электродов и порошковых проволок для подводной сварки [4].

В ИЭС им. Е. О. Патона НАНУ получила развитие технология мокрой механизированной сварки под водой с использованием самозащитных порошковых проволок [8]. Процесс универсален и позволяет получать высокий прогнозируемый уровень механических свойств соединений в случае сварки низкоуглеродистых и ряда низколегированных корпусных сталей. Эта технология повышает производительность процесса в 3–6 раз по сравнению со сваркой покрытыми электродами.

При сварке с применением порошковых проволок с оболочкой из никелевой ленты на глубинах 100 и более метров дуга горит под слоем шлака. Применение порошковых проволок, обеспечивающих аустенитную структуру металла шва, позволяет выполнять сварку сталей повышенной прочности ($C_s \geq 0,39\%$) во всех пространственных положениях [4, 9]. Так, например, в районе пгт. Черноморское (Крым) был заварен неповоротный стык трубы из стали 20, который прошел гидравлические испытания давлением 20 МПа. С использованием таких проволок выполнен ремонт ряда подводных переходов газопроводов из стали марки 17Г1С [4].

Проволока марки ППС-АН1 рутил-руднокислого типа была разработана в ИЭС им. Е. О. Патона в 1967 г. [5]. Основные составляющие ее шихты — рутил и гематит, а легирование металла шва осуществлялось марганцем. Она обеспечивает достаточно высокий прогнозируемый уровень прочности, за исключением сварки на вертикали способом сверху вниз сталей с $C_s \leq 0,39\%$, на глубине до 20 м в пресной воде. С увеличением глубины и при сварке в соленой воде снижаются механические свойства соединений и ухудшаются ее сварочно-технологические свойства.

Более поздняя разработка (1984 г.) ИЭС им. Е. О. Патона — самозащитная порошковая проволока рутил-органического типа марки ППС-АН5 — предназначена для свар-

ки малоуглеродистых и ряда низколегированных сталей с $C_s \leq 0,39\%$ на глубине до 20 м в пресной и морской воде [9]. Основные компоненты шихты для этой проволоки — рутил, гематит и целлюлоза, а легирование металла шва осуществляется марганцем, никелем, церием и лантаном. Церий и лантан ($\sim 0,15\%$), вводимые в шихту проволоки, хорошо стабилизируют дуговой разряд и улучшают структуру металла шва. Эта проволока обеспечивает хорошие сварочно-технологические свойства при сварке во всех пространственных положениях, за исключением сварки на вертикали способом сверху вниз.

Проволока ППС-АН5 изготавливалась серийно Экспериментальным производством (ЭП) ИЭС им. Е. О. Патона НАНУ. В 1990 году она прошла апробацию в бассейне фирмы «Rocvoter» (США) при сварке на глубине 10 м образцов из стали А-36, А-516-70 (лист) и А-106 (труба). Оценку механических свойств полученных соединений проводила независимая лаборатория «Mechanical Testing Laboratory» (США) в соответствии с требованиями AWS/D3.6-89 [4, 11]. В 1992 г. для проведения повторных тестовых испытаний на фирме «Rocvoter» была разработана в ИЭС самозащитная порошковая проволока рутил-руднокислого типа для сварки сталей с $C_s \leq 0,39\%$ марки ППС-АН2 [12] (модифицированная ППС-АН1). Легирование металла шва осуществлялось марганцем и никелем. Проволока ППС-АН2 прошла апробацию на глубине 10 м на аналогичных образцах из стали А-36, А-516-70 (лист) и А-106 (труба). Механические свойства соединений, полу-

ченные в результате испытаний, оказались ниже тех, которые были получены при использовании проволоки марки ППС-АН5. Проволока марки ППС-АН2, с несколько измененным составом и системой легирования выпускается до настоящего времени в ИЭС им. Е. О. Патона. Механические свойства металла швов, получаемых при сварке вышеперечисленными проволоками приведены в *табл. 1*.

В 1997 г. сотрудниками фирмы «Экотехнология», с участием автора, разработана самозащитная порошковая проволока рутил-руднокислого типа марки ППС-ЭК1 для механизированной подводной сварки на глубине до 20 м конструкций из малоуглеродистых и низколегированных сталей с $C_s \leq 0,39\%$. Легирование металла шва осуществляется марганцем и никелем. Механические свойства соединений, полученных под водой с применением этой проволоки, при сварке стали ВСтЗсп на глубине 4 м в пресной воде представлены в *табл. 1*. Проволока марки ППС-ЭК1 обеспечивает формирование шва во всех пространственных положениях, в том числе при сварке на вертикали способом сверху вниз. Она изготавливается серийно на Опытном заводе сварочных материалов ИЭС им. Е. О. Патона по ТУУ 1908312.003-97 и на других предприятиях, имеет сертификацию УкрСЕПРО и используется для выполнения сварочных работ при ремонте и строительстве гидротехнических сооружений и судов на плаву. С помощью этой проволоки была выполнена уникальная работа по сборке кессонов при строительстве морской ледостойкой стационарной платформы «Приразломная» [13] (*рис. 3*). Проволокой марки ППС-ЭК1 было сварено 1800 метров однопроходного шва на глубине 8 м в потолочном и вертикальном положениях. Работа была проведена за 56 рабочих дней с учетом всех видов работ (сборка, зачистка, сварка с зачисткой от шлака и видеоконтролем каждого шва) под надзором Российского Морского Регистра судоходства. Проволока марки ППС-ЭК1 успешно применяется и сегодня наряду с проволоками марок ППС-АН1, ППС-АН5 и ППС-АН2.

В настоящее время, применение технологии подводной сварки самозащитными порошковыми проволоками несколько сдерживается по причине изношенности, а в ряде

случаев и отсутствия специализированного оборудования для механизированного процесса сварки. Разработка нового оборудования для механизированной сварки, позволяющего использовать под водой различные режимы сварки и получать высококачественные швы, остается актуальной задачей. Для решения этой назревшей проблемы в ИЭС им. Е. О. Патона НАНУ активно работают над созданием полуавтоматов нового поколения для подводной сварки.

Литература

1. Патон Б. Е., Савич И. М. К 100-летию сварки под водой // Автомат. сварка. — 1987. — № 12. — С. 1–2.
2. Evans N. H. Welding in offshore constructions. // Metal Construction and British Journal. — 1974. — № 5. — P. 153–157.
3. Кононенко В. Я. Использование способа сухой сварки при ремонте подводных переходов газо- и нефтепроводов в РФ // Автомат. сварка. — 2010. — № 5. — С. 54–59.
4. Кононенко В. Я. Подводная сварка и резка. — К.: Университет «Україна», 2011. — 264 с.
5. Кононенко В. Я., Пасхин В. В., Беспалов В. И. Технологии и оборудование для подводно-технических работ при ремонте сваркой дефектов труб и сварных соединений подводных переходов газопроводов // Материалы отраслевого совещ. «Состояние и направления развития сварочного производства ОАО «Газпром». — п. Развилка, Московской области, 10–12 ноября 2008 — ООО «ИРЦ Газпром» — С. 68–75.
6. Мурзин В. В., Руссо В. П. Ручная подводная сварка конструкций из сталей повышенной прочности // Свароч. пр-во. — 1993. — № 1. — С. 9–12.
7. Пат. 81057 Україна. Електрод для підводного зварювання / І. В. Ляховая, В. С. Бут, А. А. Радзієвська та ін. — Опубл. 26.11.2007.
8. Савич И. М. Подводная сварка порошковой проволокой // Автомат. сварка. — 1969. — № 10. — С. 70.
9. Кононенко В. Я. Технологии подводной сварки и резки. — К.: Экотехнология, 2004. — 135 с.
10. Кононенко В. Я. Металлургические особенности сварки в водной среде порошковыми проволоками // Автомат. сварка. — 1996. — № 9. — С. 22–26.
11. Кононенко В. Я. Аттестационные испытания технологии механизированной подводной сварки с позиции американского стандарта // Свароч. пр-во. — 2005. — № 10. — С. 41–45.
12. Грецкий Ю. Я., Савич И. М. Порошковые проволоки для электродуговой подводной сварки и резки/1 Международная конференция по сварочным материалам стран СНГ // «Состояние и перспективы развития сварочных материалов в странах СНГ». Сб. докладов — Краснодар, Москва 22–26 июля 1998 г. — С. 149–151.
13. Кононенко В. Я. Применение технологии механизированной подводной сварки при строительстве МЛСП «Приразломная» // Автомат. сварка. — 2005. — № 12. — С. 53.

● #890



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) 200 80 88. На Ваши вопросы ответит кандидат технических наук, Международный инженер-сварщик (IWE) Юрий Владимирович ДЕМЧЕНКО.

Техника выполнения сварных швов*

Сварка углового соединения с наружным углом в нижнем положении. Угловые соединения с наружными угловыми швами встречаются намного реже, чем стыковые, нахлесточные и тавровые соединения. Это соединение является в высшей степени технологичным, поскольку его очень просто подготовить к сварке, а параметры режима сварки подобны применяемым при сварке стыковых соединений со скосом кромок.

Для обеспечения максимальной прочности в сварном соединении необходимо получить проплавление с обратной стороны. Добавление внутреннего углового шва к наружному значительно повышает прочность всего углового соединения. Как уже отмечалось, стоимость подготовки подобного соединения весьма невелика, однако при сварке подобных соединений из металла большой толщины значительную величину затрат составит стоимость электродов.

Сварку углового соединения с наружным углом в нижнем положении выполняют на обратной полярности. При сварке данного соединения положение электрода должно соответствовать положению, изображенному на *рис. 11*. При первом проходе используют технику сварки, применяемую при наложении узкого шва, без поперечных колебаний. Сила сварочного тока не должна быть слишком большой. Сварной шов при первом проходе должен обеспечить полное проплавление обратной стороны соединения и хорошее сплавление с обеими пластинами. Большое значение для достижения этой цели имеет поддержание короткой дуги.

При выполнении второго, третьего и последующих проходов сварочный ток следует установить на повышенный

режим, при этом необходимо использовать технику сварки с поперечными колебаниями электрода. Третий проход следует производить при более широкой амплитуде колебаний, чем второй. Техника выполнения второго и последующих проходов аналогична выполнению данных проходов при сварке «в лодочку» многопроходным угловым швом.

Во время сварки необходимо следить за ограничением ширины поперечных колебаний электрода. Для устранения подрезов рекомендуется производить кратковременную остановку электрода в крайних точках траектории поперечных колебаний, и удостовериться в том, что достигается хорошее сплавление с ранее наложенными слоями и с обеими поверхностями пластины. Последний проход не должен иметь слишком большую высоту. После каждого прохода необходимо тщательно очистить наплавленный металл от шлаковой корки.

Сварка стыкового соединения со скосом кромок на подкладке в нижнем положении. Данный тип сварного соединения достаточно часто применяется при сварке трубопроводов, сосудов высокого давления и корабельных конструкций.

Сварка данного соединения производится на обратной полярности. Для первого прохода устанавливается невысокое значение сварочного тока. Положение электрода должно соответствовать изображенному на *рис. 12*. Сварка производится узким валиком без поперечных колебаний электрода. Во время сварки необходимо следить за тем, чтобы обеспечивалось хорошее сплавление с подкладкой и поверхностями разделки в корневой части соединения. Поверхность шва должна быть максимально плоской.

Второй, третий и последующие проходы могут производиться при повышенных

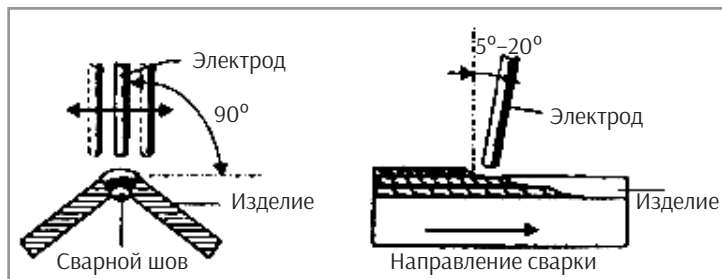


Рис. 11. Положение электрода при сварке углового соединения с наружным углом в нижнем положении

Продолжение. Начало в № 1, 2, 3, 4 — 2015

значениях сварочного тока. Перемещение вдоль оси шва не должно быть слишком быстрым, иначе поверхность шва будет неровной, с крупными чешуйками, могут появиться поры. Поперечные перемещения электрода должны ограничиваться требуемой шириной шва. Это обеспечит исключение появления подрезов. Во время сварки важно следить за длиной дуги, тщательно удалять шлак с наложенных слоев, следить за тем, чтобы наложенный сварной шов имел сплавление с предыдущими слоями и со свариваемыми кромками. При наложении последнего слоя используются кромки разделки в качестве показателя при определении требуемой ширины шва.

Сварка стыкового соединения со скосом кромок в нижнем положении. Данный вид соединения часто встречается при сварке трубопроводов, а также при сварке ответственных соединений.

Сварка соединения производится на обратной полярности. Положение электрода должно соответствовать изображенному на рис. 13.

На рис. 14, а показан порядок наложения слоев/валиков при сварке стыкового соединения со скосом кромок в нижнем положении. Первый проход предназначен для сварки корня шва и выполняется обычно электродами диаметром 3 мм, при этом сварочный ток не должен быть слишком велик. Сварка производится на короткой дуге с возвратно-поступательными движениями электрода относительно линии сварного шва, при этом необходимо следить, чтобы сам электрод все время оставался в зазоре корневой области сварного соединения. Во время сварки нельзя допускать прерывания дуги при перемещении электрода вперед и нужно следить за тем, чтобы капли металла не падали перед швом, это может помешать проведению процесса сварки, его продвижению вперед. На обратной стороне стыка должен образовываться небольшой валик. Лицевая поверхность первого прохода должна иметь минимальную выпуклость.

Второй и последующие проходы производятся при повышенных значениях сварочного тока и электродами большего диаметра. Наплавка производится с использованием поперечных колебаний электрода, при этом важно обеспечить постоянство и равномерность колебаний и перемещения элект-

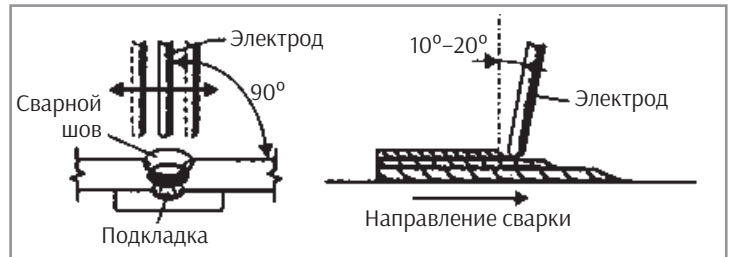


Рис. 12. Положение электрода при сварке стыкового соединения со скосом кромок на подкладке в нижнем положении

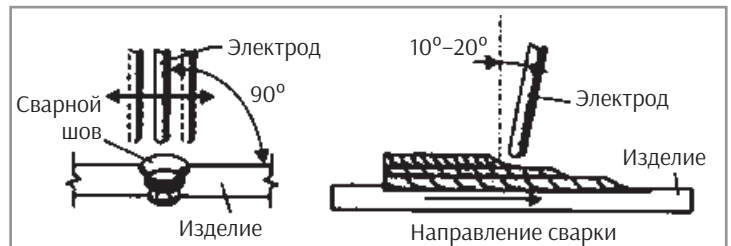


Рис. 13. Положение электрода при сварке стыкового соединения со скосом кромок в нижнем положении

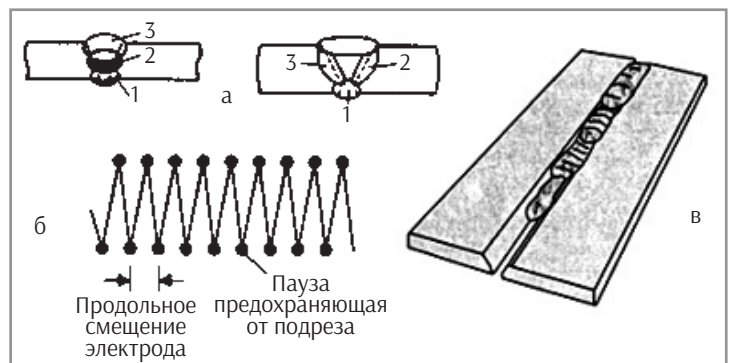


Рис. 14. Сварка стыкового соединения со скосом кромок в нижнем положении: а — порядок наложения слоев; б — траектория движения электрода при выполнении последнего прохода; в — сварное соединение

трода вдоль оси шва, в противном случае полученный сварной шов будет неоднороден по качеству и внешнему виду. Во время сварки необходимо следить за тем, чтобы избежать появления подрезов (рис. 14, б). Необходимо получить хорошее сплавление с ранее наплавленными слоями, а также с боковыми кромками разделки свариваемого изделия. Лицевые стороны второго и последующих слоев должны иметь плоскую поверхность. Необходимо тщательно очищать каждый слой от шлака по всей его длине.

Заключительный проход выполняется тем же типом электрода, что и все предыдущие. Техника выполнения такая же, как и при выполнении второго и последующих проходов, за исключением того, что при заключительном проходе амплитуда поперечных колебаний электрода будет больше. Для контроля ширины облицовочного шва необходимо использовать скошенные кромки стыкового соединения. Поверхность облицовочного шва должна быть слегка выпуклой.

● #891

Продолжение в следующих номерах журнала

Капитальный ремонт и модернизация двух стационарных машин газовой резки и создание участка разделки крупного лома на шихту на ПАО «Энергомашспецсталь»

В. М. Литвинов, Ю. Н. Лысенко, С. А. Чумак, ООО «НИИПТмаш — Опытный завод»,

В. В. Капустин, Н. П. Бескровный, А. А. Горшков, М. Ю. Шуб, ПАО «Энергомашспецсталь» (Краматорск)

В 1976 г. на заводе «Энергомашспецсталь» был введен в эксплуатацию цех подготовки шихты, основным оборудованием которого являлись три стационарные машины газовой резки УОП-1 с горизонтальным и вертикальным ходом резака 2800 мм и одна переносная машина УОПП-1 с горизонтальным и вертикальным ходом резака 1200 мм. Стационарные машины были изготовлены силами завода по чертежам разработчика — НПО «НИИПТмаш», а переносная машина разработана и изготовлена последним. Спустя 35 лет, в связи с физическим износом, все машины были демонтированы. Стационарные машины разобрали и отправили на склад для хранения, а переносную машину после ремонта установили на эстакаде ЭСПЦ, где она работает и в настоящее время. В 2014 г., в связи с производственной необходимостью, руководством завода было принято решение восстановить две машины УОП-1, модернизировав их, и создать участок подготовки шихты на новом месте (эстакада ЭСПЦ), а работающую машину УОПП-1 отправить на капитальный ремонт.

На момент разработки машин газовой резки (МГР) конструкторы руководствовались характеристиками имеющихся в их распоряжении газокислородных резаков для больших толщин: инжекторного резака Р-100-2 (КПИ) и резака внутрисоплового смешивания газов РГМ-9 (НИИПТмаш). Максимальная толщина реза этих резаков 1200 мм при соблюдении следующих условий:

- при резке заготовок переменного сечения (например, круглого) расстояние между торцом мундштука и поверхностью заготовки в любой момент не должно превышать 80 мм;
- врезание в заготовку с круглым или овальным поперечным сечением должно происходить по касательной;
- при резке заготовки с прямоугольным поперечным сечением, вначале угол наклона резака к поверхности заготовки должен быть отрицательным в пределах 3°–9°, а в конце резки — положительным в тех же пределах.

Эти требования усложняли конструкцию МГР, т.к. дополнительно к регулируемым приводам рабочего перемещения резака, поперечного и вертикального, а также —

к приводам установочного перемещения машины по монорельсу вдоль заготовки и поворота консольной направляющей относительно колонны, необходимо предусмотреть еще два нерегулируемых привода:

- перемещения резака вдоль собственной оси;
- поворота (качания) резака в плоскости реза.

В процессе эксплуатации МГР в цехе подготовки шихты резаки МГР-9 были заменены на резаки РГКМ-3, а затем на резаки РГКМ-5, которые устроены по принципу внешнего смешивания газов пламени. Работа последних меньше зависела от расстояния между резаком и поверхностью заготовки, а также от угла наклона резака в плоскости реза.

Капитальный ремонт и модернизация двух МГР УОП-1 осуществлялась силами завода. Газовая часть машин, включая резаки РГКМ-5, была разработана и изготовлена на ООО «НИИПТмаш — Опытный завод». В процессе ремонта и модернизации были осуществлены следующие изменения (рис. 1 и 2):

- убраны привод перемещения резака вдоль своей оси и привод поворота резака в плоскости реза. Эти приводы в процессе резки почти не использовались, однако они значительно снижали жесткость машины в целом, что приводило к заметным колебаниям резака при его рабочих перемещениях. В результате изменений упростилась конструкция МГР и увеличилась ее жесткость;
- рабочее место оператора МГР УОП-1 находилось на площадке, жестко связанной с горизонтальной направляю-

щей, и перемещалось вверх-вниз вместе с ней. Оператор был изолирован от разрезаемой заготовки и не мог контролировать процесс резки. Эту функцию выполнял помощник оператора. Рабочее место оператора, газовый и электрический пульты были перенесены с верхней подвижной площадки на тележку машины в удобное место с возможностью контроля оператором процесса резки, в этом случае для управления МГР требуется один человек;

- предусмотрен переносной электрический пульт, с которого можно управлять основными перемещениями резака и работой электромагнитных клапанов в узлах подготовки энергоносителей;
- устаревшие электрическая и газовая части МГР полностью заменены на новые, с использованием современных приборов и оборудования;
- разработана и внедрена эстакада (ранее отсутствующая) для перемещения резиноканевых рукавов и электрических кабелей при движении МГР по монорельсу, увеличена плавность хода МГР.

МГР состоит из следующих узлов (рис. 1): узел подготовки кислорода 1 и узел подготовки природного газа 2 находятся в шкафах, которые расположены неподвижно у основания колонны эстакады

мостового крана. Кислород и природный газ подводятся от цеховых магистралей к узлам подготовки через стальные трубы. От узлов подготовки энергоносителей к МГР кислород и природный газ поступают через резиноканевые рукава, которые подвешены к тележкам эстакады для транспортировки энергоносителей. Пульт управления газовый 3 расположен в кабине оператора рядом с электрическим пультом на специальной площадке тележки машины. Резак 4 крепится на кронштейнах каретки привода горизонтального перемещения резака по направляющей.

Кроме перечисленных узлов и изделий, в газовой части МГР предусмотрен ручной резак РЗ-ФЛЦ для работы в чрезвычайной ситуации, копьедержатель для работы кислородным копьем и запальник. Их питание кислородом и природным газом осуществляется от узлов подготовки газов-энергоносителей МГР.

На рис. 2 показан общий вид машины газовой резки УОП-1 после модернизации. Поворотная консольная направляющая расположена параллельно с эстакадой для транспортировки рукавов и кабелей, крыша которой видна справа от машины. Слева от машины расположены кессоны для сбора шлака, перекрытые секциями проложек, на которые устанавливают разрезаемую заготовку. Это исходное положение МГР перед работой.

Технические характеристики МГР после ее модернизации приведены в табл. 1.

Остановимся более подробно на описании узлов и элементов газовой части МГР, так как от них, в первую очередь, зависит производительность и безопасность работ по кислородной резке крупногабаритного металлолома на шихту.

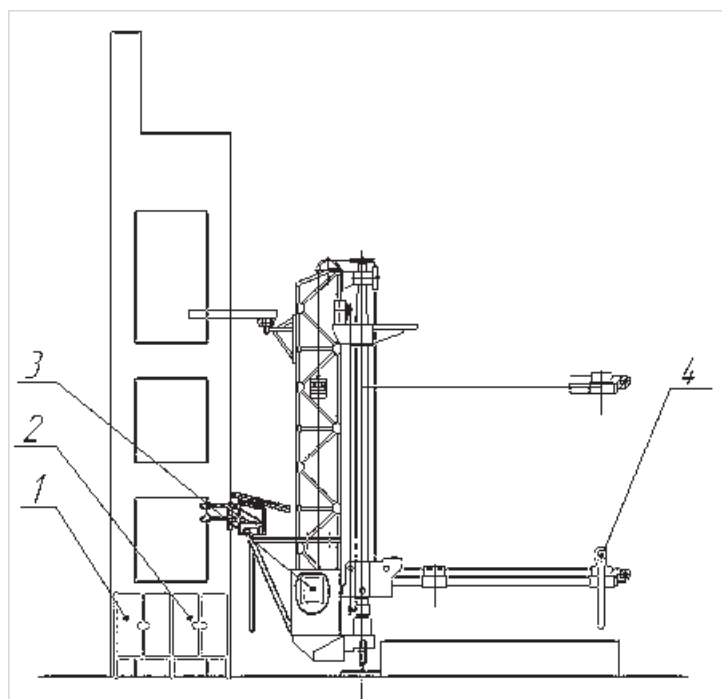


Рис. 1. Схема комплектации МГР основными узлами газовой части машины



Рис. 2. Общий вид машины газовой резки УОП-1 после модернизации

Таблица 1. Технические характеристики МГР после модернизации

Параметр	Величина
Ход МГР по рельсовой направляющей, мм	27 000
Скорость перемещения МГР по рельсовой направляющей, мм/мин	3000
Ход горизонтального перемещения резака, мм	2800
Скорость рабочего горизонтального перемещения резака, мм/мин	20–200
Ход вертикального перемещения резака, мм	2800
Скорость вертикального перемещения резака, мм/мин	20–200
Скорость установочных перемещений резака, мм/мин	1500
Угол поворота колонны в горизонтальной плоскости, град	210
Скорость поворота колонны с резаком, град/мин	54
Установленная мощность приводов, кВт	3,5
Питание установки, МПа природный газ кислород	0,12 0,8–1,2
Габаритные размеры установки, м	27×8,0×7,7



Рис. 3. Внешний вид газового пульта и его положение на МГР

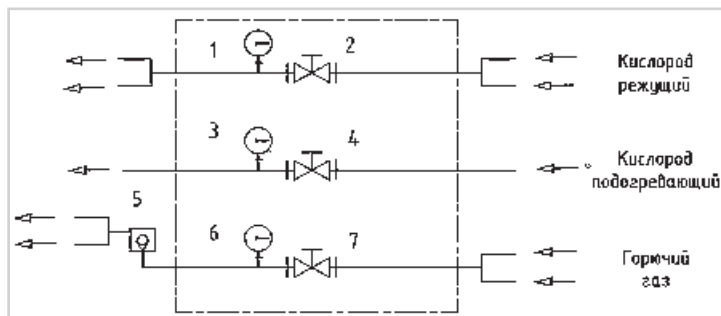


Рис. 4. Пневматическая схема газового пульта: 1, 3 – манометры, учитывающие расход кислорода режущего; 2 – вентиль для подачи и регулирования количества кислорода режущего; 4 – вентиль для подачи и регулирования количества кислорода подогревающего; 5 – обратный клапан, расположенный на линии природного газа на участке между резаком и газовым пультом; 6 – манометр, учитывающий расход природного газа; 7 – вентиль для подачи и регулирования количества природного газа

Пульт управления газовый. Пульт управления газовый располагается на тележке МГР и содержит специальные вентили для регулировки расходов газов и манометры (рис. 3, 4).

В отдельном корпусе собраны все трубопроводы, вентили и манометры пульта газового, который спроектирован с соблюдением эргономических и санитарных норм. Положение оператора МГР в процессе резки – перед пультами газовым и электрическим. В нерабочем состоянии пульт газовый закрывается крышкой на замок.

Узел подготовки кислорода. Узел подготовки кислорода предназначен для питания кислородом резака РГКМ-5, копьедержателя КД, ручного резака РЗ-ФЛЦ и является составной частью МГР. Узел изготовлен в виде отдельного шкафа, который установлен стационарно, и соединен с эстакадой для транспортировки рукавов с энергоносителями стальной трубой Ду50 (рис. 5).

На входе в узел предусмотрен фланцевый отвод Ду50, для присоединения его к цеховой кислородной магистрали, кран 1 и коллектор, на котором расположены кран манометра 7 и манометр 4 для контроля давления кислорода в магистрали.

По линии кислорода режущего на выходе из коллектора последовательно расположены кран 5 и электромагнитный клапан 2. По линии кислорода подогревающего на выходе из коллектора расположены кран 6 и электромагнитный клапан 3.

Подача кислорода из магистрали, отвод кислорода режущего и подогревающего к резаку осуществляется через верхнюю стенку узла подготовки кислорода.

Питание кислородом копьедержателя осуществляется через кран 8, а ручного резака РЗ-ФЛЦ через кран 9. Отвод кислорода к копьедержателю и ручному резаку происходит с помощью резиноканевых рукавов через нижнюю стенку узла подготовки кислорода.

Узел подготовки природного газа. Узел подготовки природного газа предназначен для питания горючим газом машинного резака РГКМ-5, резака ручного РЗ-ФЛЦ и запальника ГВ-1. Узел изготовлен в виде стационарно установленного отдельного шкафа (рис. 6).

На входе в узел предусмотрен фланцевый отвод Ду50 для присоединения его

к цеховой газовой магистрали, кран 1 и газораздаточный коллектор. В глухой части коллектора расположены манометр 5 и соединенный с ним кран манометра 6. Этот манометр предназначен для контроля давления природного газа в магистрали.

Из коллектора через кран свечи 2 и верхнюю стенку узла подготовки горючего газа, проведен трубопровод свечи Ду 15, а через кран 3, электромагнитный клапан 4 — горючего газа и верхнюю стенку узла подготовки горючего газа проведен трубопровод к эстакаде для транспортировки резиноканевых рукавов и электрических кабелей (рис. 6).

Питание горючим газом ручного резака РЗ-ФЛЦ и запальника ГВ-1 из коллектора осуществляется через краны ручного резака 7 и запальника 8. Отвод природного газа к ручному резаку и к запальнику происходит с помощью резиноканевых рукавов через нижнюю стенку узла подготовки кислорода.

Машинный газокислородный резак РГКМ-5 и ручной резак РЗ-ФЛЦ. Машинный резак РГКМ-5 подробно описан в журналах «Сварщик», 2013, № 2 (стр. 22–26) и 2015, № 2 (стр. 9–13). С ручным резаком РЗ-ФЛЦ можно ознакомиться в том же журнале за 2006, № 6 (стр. 6–10).

Копьедержатель и запальник. Копьедержатель и запальник являются серийными изделиями производства ООО «НИИПТмаш — Опытный завод» и известны достаточно давно.

Эстакада для транспортировки резиноканевых рукавов с энергоносителями и электрических кабелей к МГР.

Эстакада для транспортировки рукавов (рис. 7) расположена между колоннами участка подготовки шихты и подвешена на них на высоте 3 м от пола. Направляющая эстакады длиной 37 м имеет коробчатое поперечное сечение и собрана из швеллеров № 10 с помощью ребер жесткости таким образом, что в нижней части направляющей по всей ее длине между полками швеллеров имеется свободное пространство. Внутри короба направляющей перемещаются тележки, по 7 штук на каждую МГР, к которым подвешены резиноканевые рукава и электрические кабели так, как показано на рис. 7. К крайней тележке подвижно прикреплено устройство

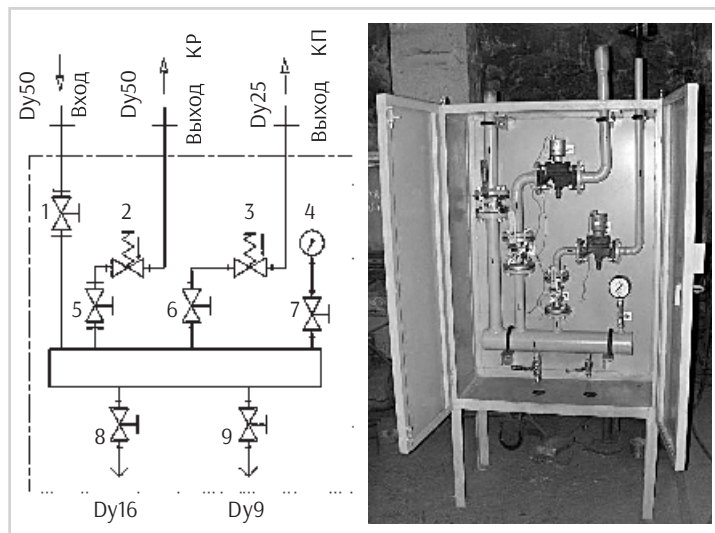


Рис. 5. Узел подготовки кислорода и его пневматическая схема

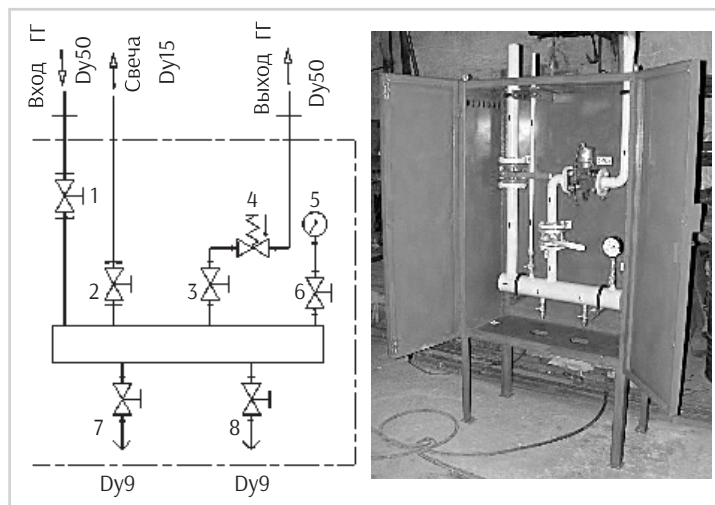


Рис. 6. Узел подготовки природного газа и его пневматическая схема



Рис. 7. Эстакада для транспортировки резиноканевых рукавов с энергоносителями от узлов подготовки кислорода и природного газа к МГР



Рис. 8. Участок разделки крупного лома на шихту

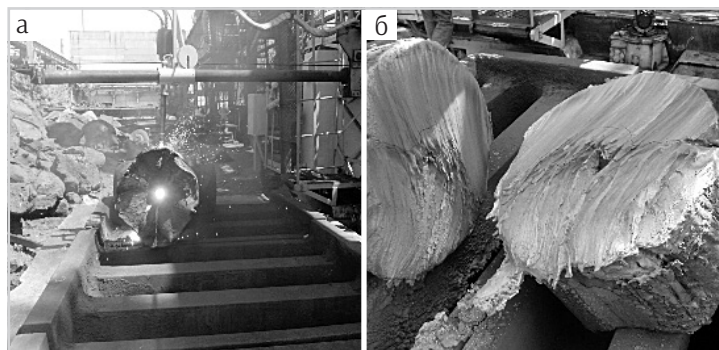


Рис. 9. Резка конца поковки Ø 900 мм с закованной усадочной раковиной

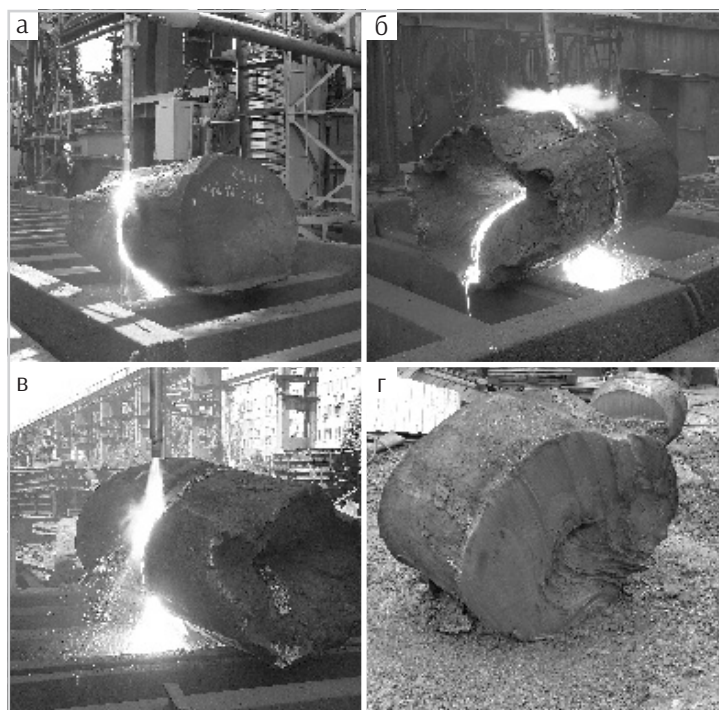


Рис. 10. Резка конца поковки Ø 1000 мм с усадочной раковиной: а — начало; б — середина резки; в — окончание резки; г — поверхность реза

для перемещения — водило (к МГР оно прикреплено неподвижно), которое передает усилие от МГР на эту тележку при перемещении последней. Все тележки связаны между собой стальной цепью, длина которой меньше, чем длина резиноканавых рукавов на участке между тележками. Это сделано для того, чтобы при движении МГР снять нагрузки с рукавов. Рукава с эстакады к газовому пульту МГР проложены через водило. Данное исполнение эстакады для транспортировки рукавов обеспечивает плавное перемещение МГР по монорельсу, безопасное и устойчивое.

Участок разделки крупного лома на шихту. До капитального ремонта МГР работали в цехе подготовки шихты (ЦПШ), который был спроектирован специально под эти машины. После переноса машин на эстакаду ЭСПЦ, участок создали заново с учетом недостатков, выявленных в течение многолетней эксплуатации МГР в ЦПШ.

Две МГР велосипедного типа установлены на общий монорельс длиной 37 м. Подвод энергоносителей выполнен таким образом, что зона действия каждой МГР равна площади $27 \times 2,8$ м. Направляющая МГР имеет возможность поворота и в исходном состоянии расположена параллельно монорельсу, освобождая площадь обслуживания под загрузку (рис. 8). Параллельно монорельсу МГР расположен бетонный кессон длиной 37 м, шириной 3,5 м и глубиной 2,5 м. Кессон перекрыт литыми секциями проложки, по 5 штук в каждой секции. Расстояние между проложками — 0,3 м. На дне кессона в каждой секции имеются стальные листы с проушинами по углам. На этих листах в кессоне собирается шлак и его периодически удаляют с помощью мостового крана. На секции проложки устанавливают разрезаемые заготовки, выкладывая их по длине кессона, и производят кислородную резку в щель между проложками.

На рис. 8 показан рабочий момент участка разделки крупного лома на шихту. На переднем плане 1-я МГР разрезает поковку из низколегированной стали и дым отсутствует, на заднем плане 2-я МГР разрезает заготовку из нержавеющей стали 08X18H10T, поэтому наблюдается некоторая задымленность зоны резки.

Примеры кислородной резки заготовок с помощью МГР УОП-1 на участке разделки крупного лома. На рис. 9 показан процесс кислородной резки конца поковки $\varnothing 900$ мм с усадочной раковиной в центре — а и с крупной трещиной по длине заготовки — б. В плоскость реза попали как раковина, так и трещина. Изучение поверхности реза подтвердило предположение, что раковина и трещина не оказывают влияния на процесс резки.

На рис. 10 представлены все этапы процесса кислородной резки конца поковки $\varnothing 1000$ мм с усадочной раковиной в центре. Усадочная раковина не оказала влияние на процесс резки.

Наиболее интересным является пример кислородной резки крупного лома на шихту, представленный на рис. 11.

Разделке на шихту подвергалась заготовка из низколегированной стали толщиной 1200 мм, имеющая большую усадочную раковину, которая по всей длине попадает в плоскость реза. Наружная поверхность заготовки имеет сложную конфигурацию, что вызывает проблемы при врезании кислородной струи в тело поковки. Резка производилась резаком РГКМ-5 с мундштуком № 3. Рабочее перемещение резака при резке осуществлялось в направлении к МГР. В начальный момент резки кислородная струя вначале разрежала выступы в верхней и нижней части поковки, затем пройдя пустоту диаметром 500 мм, врезалась в тело заготовки по всей толщине.

Поверхность реза гладкая, без размывов и зарезов. Отставание линии реза по толщине отсутствует. Переход от тела заготовки к пустоте в районе раковины и, наоборот, плавный, без зарезов. Это говорит о том, что резка осуществлялась в режиме максимальной экономии энергоносителей при оптимальной для данной толщины скорости. Очевиден значительный запас мощности резака. Расслоение по линии реза в теле заготовки и пустота в месте врезания не оказали влияние на процесс резки.

Запас мощности МГР реализовали при кислородной резке поковки толщиной 1700 мм. Резак РГКМ-5, мундштук № 4. Параметры энергоносителей в цеховых магистралях на момент резки: кислород — 1,0 МПа, природный газ — 0,1 МПа. Материал поковки: 34ХМФ. Резка произ-

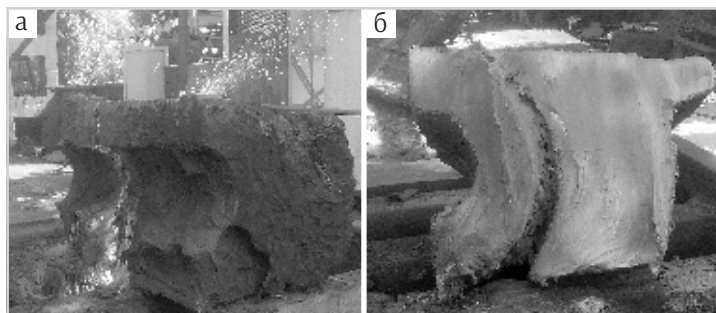


Рис. 11. Кислородная резка заготовки сложной формы толщиной 1200 мм: а — с большим расслоением по линии реза; б — поверхность реза заготовки

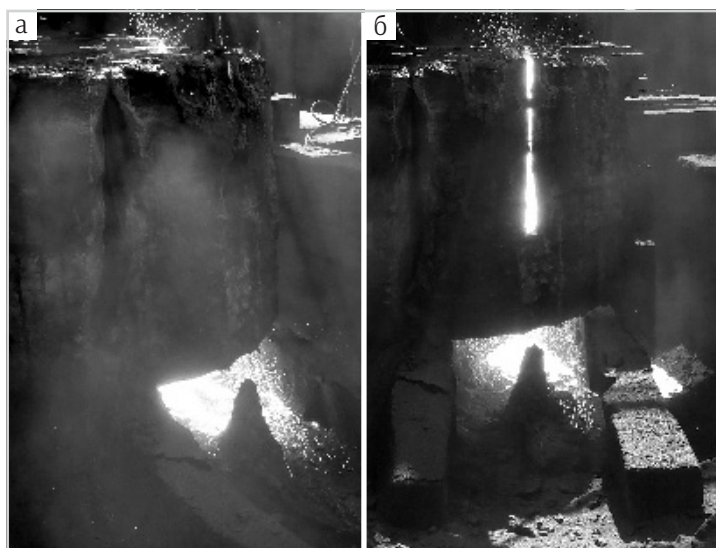


Рис. 12. Кислородная резка поковки толщиной 1700 мм из стали 34ХМФ: а — вид сбоку; б — вид спереди

водилась перемещением каретки с резаком по направляющей от дальнего края поковки к МГР. Отставание линии реза отсутствует, о чем можно судить по шлаковой дорожке в полости реза (рис. 12). По характеру распространения жидкого шлака, по выходу из полости реза и затвердевания его на земле, можно сделать вывод, что процесс резки происходит стабильно. В полости поковки отсутствуют пустоты, ликвации и неметаллические включения. Темный участок нижней части шлаковой дорожки — шлак, вытесненный кислородной струей из полости реза и застывший на периферии. Светлые размытые пятна на фоне разрезаемой поковки — дым и взвешенная пыль, исходящие из полости реза и остывающего шлака на земле, попавшие в световой луч.

В результате проведенных ремонта и модернизации МГР повысились их надежность, безопасность, упростился ремонт и увеличился срок службы.

Участок разделки крупного лома на шихту с двумя обновленными МГР УОП-1 принят в эксплуатацию, а работавшая до сих пор переносная машина газовой резки УОПП-1 отправлена на капитальный ремонт и модернизацию.

Причины сдерживания роботизации промышленных предприятий

А. Н. Моторин, В. А. Дорошенко, НПФ «Техвагонмаш» (Кременчуг)

При обсуждении этого вопроса часть собеседников восклицает:

- Какие роботы???
- Промышленность стоит!!!
- Безработица!!!

Скажем сразу — эта статья не для них, а для тех, кто стремится выйти на мировой рынок и привлечь инвестиции на своё предприятие.

В постсоветском машиностроении сложился стойкий стереотип, что промышленные роботы — это дорогая техника, требующая высокопрофессионального персонала и ее рационально применять в условиях массового или крупносерийного производства. Этот миф основан на некоторых факторах, приведенных ниже.

Фактор 1. При расчете эффективности внедрения робототехнического комплекса (РТК) зачастую учитывается прямая сдельная зарплата сварщика, но при этом упускаются следующие моменты:

- прямые и косвенные налоги на основную заработную плату (ЗП);
- дополнительная ЗП;
- расходы на содержание бытовых помещений;
- коэффициент, учитывающий возможность беспрерывной работы РТК за счет отсутствия сменности работ, отпусков, больничных;
- снижение затрат на сварочные материалы и электроэнергию;
- уменьшение трудоемкости при зачистке сварных швов;
- исключение затрат на обучение и переаттестацию квалифицированных сварщиков.

В табл. 1 представлен перечень расходов и затрат, которые довольно условны и имеют для каждого предприятия свои показатели.

Фактор 2. Нежелание и неумение персонала предприятия вникать в новые технологические процессы. В результате этого приходится привлекать новых специалистов, что ставит под удар окупаемость инвестиций и создает противоречия в коллективе. Следует сказать и о проблематичности привлечения в проект оператора-программиста РТК должного уровня подготовки.

Фактор 3. Считается, что роботизированная сварка предназначена для больших объемов продукции, например, серийного производства автомобилей. При этом модельный ряд не должен меняться в течение ряда лет. Большинство руководителей считают, что их предприятия производят слишком

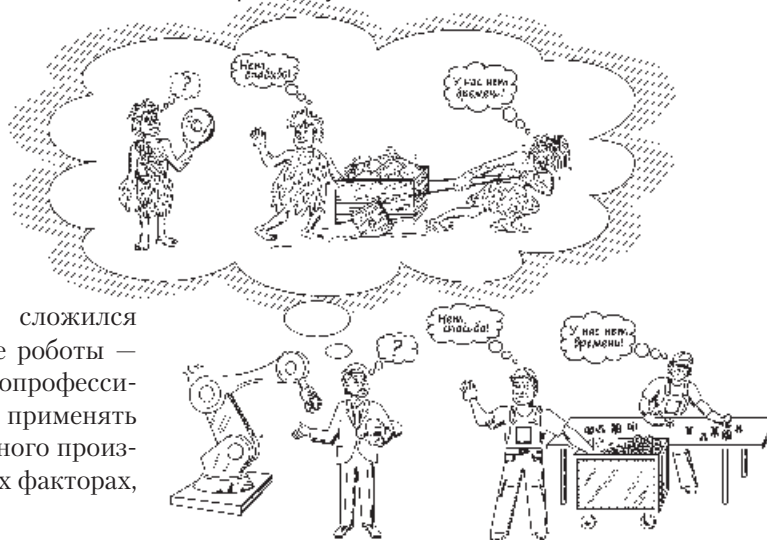


Таблица 1. Показательный перечень статей расходов

Группа и статья затрат	
Материалы на обслуживание	
ТЗР	
Расходы на содержание и эксплуатацию зданий:	
Зарплата обслуживающего персонала	
Начисления на ЗП	
Материалы	
Отопление	
Электроэнергия	
Отвод сточных и ливневых вод	
Использование питьевой воды	
Подогрев воды	
Расход бланков и канцтоваров	
Амортизация зданий	
Износ хозяйственного инвентаря	
Охрана труда	
Материалы (спец. одежда и средства индивидуальной защиты)	
Подряды сторонних, обслуживающих организаций	
Специпитание (молоко)	
Ремонтный фонд	
Энергетики (материалы)	
Механики (материалы)	
Материалы для ремонта зданий	
Зарплата (слесари-ремонтники, электрики и электромонтеры)	
Начисления на ЗП	
Подряды по ремонту оборудования, услуги сторонних организаций	
Итого материальные затраты	
Сдельная оплата	
Дополнительная зарплата (54 %)	
Отчисления на соцстрах (38,57 %)	
Итого трудозатраты:	

маленькие партии товаров для того, чтобы инвестировать в роботизированную систему (недостаточная гибкость РТК).

Фактор 4. Робототехнические комплексы часто ломаются, их ремонт дорогостоящий и занимает много времени. Сложно найти квалифицированных специалистов по их ремонту и обслуживанию.

Теперь о том, как обстоят дела по вышеизложенным проблемам на самом деле.

По **фактору 1**. Предлагаем вам самостоятельно выполнить расчет экономической эффективности внедрения РТК. Рекомендация — исходные данные должны отражать реальные значения, а не быть «притянуты за уши». В результате вы получите срок окупаемости инвестиций и сможете принять обоснованное решение.

По **фактору 2**. С момента появления сварочных роботов производители постоянно совершенствовали процесс написания рабочих программ, стремясь его максимально упростить и тем самым облегчить жизнь оператора-программиста. Сегодня эта проблема решена с помощью принципиально новой программы обучения роботов Kinetiq, разработанной фирмой «Robotiq» (Канада). Данная технология позволяет оператору руками перемещать сварочную горелку робота вдоль всей линии сварного шва, а затем с помощью пульта внести в память траекторию движения и определить параметры сварки. Существуют подобные программы и у других разработчиков.

По **фактору 3**. Современные РТК многофункциональны и способны в автоматическом режиме производить быструю замену инструмента. Для этого РТК необходимо окружить различными сменными инструментами. Гнезда для инструментов разработаны для их быстрой замены. Робот можно запрограммировать так, чтобы он весь день работал только в одном положении с определенным комплектом инструмента или в нескольких положениях, производя мелкие партии каждой детали.

Оператору достаточно всего нескольких движений для полной смены одного комплекта на другой. Робот хранит в памяти множество разных программ и остается лишь переключить программу, чтобы робот начал сварку совершенно другой детали.

На *рис. 1–4* приведены несколько примеров конфигурации РТК.

Вам не нужно самостоятельно подбирать конфигурацию и комплектацию РТК. Вам необходимо правильно составить техническое задание на требующийся комплекс и обратиться в компанию-интегратор РТК, которая имеет штат специалистов и достаточный опыт в роботизации. На ваш запрос вам предоставят технико-коммерческое предложение на поставку РТК. Как правило, предложение включает несколько вариантов решения задачи. Вам остается сделать выбор в пользу одного из них. Фирма-интегратор РТК, кроме поставки оборудования, производит монтаж, разрабатывает технологию, обучает персонал заказчика.

По **фактору 4**. Современные РТК, как правило, оснащены выходом USB, что позволяет переносить в память робота программы, созданные при помощи удаленного (offline) программирования. Кроме того, имеется функция подключения к сети Internet для online связи с поставщиком, осуществляющим гарантийное или послегарантийное сопровождение. Как показывает практика, 99 % сбоев комплекса происходит из-за ошибки оператора или программиста РТК (неправильно установленная в РТК деталь, некачественная сборка под сварку, ошибка при создании программы и т.п.). Эти ошибки легко диагностируются

и устраняются на месте. Оставшийся 1 % — сбой программы. Диагностика и устранение ошибок производится дистанционно без потерь времени. В крайне редких случаях требуется выезд специалиста интегратора на место. Здесь решающий фактор — географическая удаленность и обязательность поставщика. Условия гарантийного или послегарантийного обслуживания должны быть обязательно учтены в договоре на поставку.

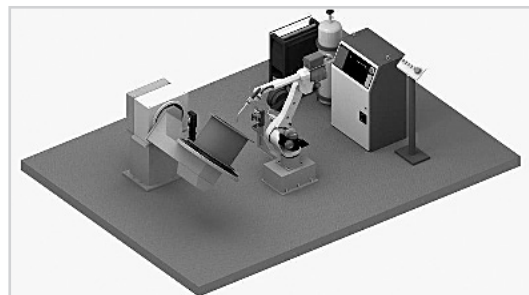


Рис. 1. РТК с двухосевым вращателем

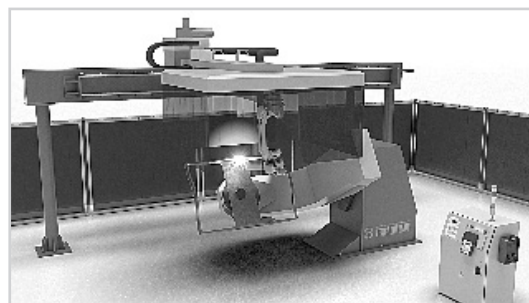


Рис. 2. РТК потолочного базирования с двумя дополнительными осями и вращателем

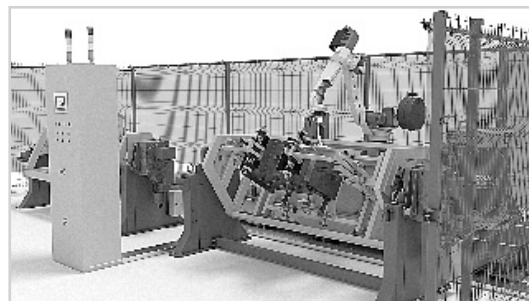


Рис. 3. РТК с дополнительной осью и двумя двухосевыми вращателями

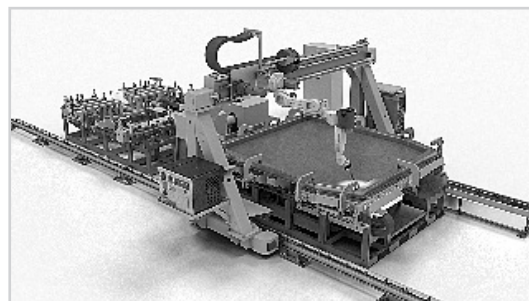


Рис. 4. Портальный РТК с двумя сборочными стендами

Еще несколько доводов в пользу эффективности РТК.

Повышение производительности. Один из основных способов обосновать затраты на робота, это сравнить производительность РТК с производительностью, которую вы имеете на данный момент с применением ручной или полуавтоматической сварки. Во многих случаях сварка роботом выполняется в 2–5 раз быстрее, чем любым другим способом. Это значит, что за каждый час вы выпустите в 2–5 раз больше деталей, чем выпускаете сейчас. Например, система тандемной сварки MIG, которая одновременно использует две дуги, объединенные роботом, может в разы увеличить производительность.

Высокая надежность. Внедрение РТК на производстве позволяет разгрузить цеха, уменьшить потребность в рабочей силе, сделать производство более выгодным. Роботы надежны, они могут работать круглосуточно, без отдыха или обеденного перерыва. К тому же, с роботами вы забудете, что такое текучка кадров. Они лояльны к вашей компании и не уйдут, после того как вы их обучите.

Присутствуют здесь и социальные моменты: роботов можно использовать на вредных участках производства, сохраняя здоровье рабочих.

Возможность увеличить объемы. Когда вы подпишете новый контракт, или захотите расширить диапазон выполняемых работ, роботы с легкостью справятся с дополнительным объемом. Рабочее пространство, занимаемое РТК более компактно, чем рабочая зона для ручных работ. По мере расширения производства вам не придется волноваться о новых зданиях, аренде или покупке дополнительных площадей.

Гарантированное качество. Высокая точность позиционирования промышленных роботов, постоянство скорости и четкая повторяемость операций обеспечивают надежное качество изделия и устраняют возможность производства брака. С роботами компания инвестирует в товар наперед, без необходимости исправлять дефекты после их возникновения, как это часто бывает с ручной или полуавтоматической сваркой.

Для проверки сварных швов, выполненных роботом, обычно достаточно визуального осмотра. При полуавтоматической или ручной сварке могут понадобиться дополнительные испытания такие, как выборочный неразрушающий контроль, радиография или цветная дефектоскопия.

Экономия на сварочном материале. При ручной сварке расходуется больше присадочного материала, поскольку сварщику сложно идеально выдерживать требуемое сечение и запас прочности сварного шва. Точность работы робота намного выше: дозированное количество присадочного материала заложено программой. К тому же, при роботизирован-

ной сварке меньше разбрызгивания и, как следствие, расход сварочной проволоки ниже на 10–15%.

Сокращение затрат на обучение. Сегодня на рынке труда не хватает квалифицированных сварщиков. Компании тратят огромные суммы денег на поиск и обучение сварщиков. Сварщики постоянно должны проходить переподготовку и подтверждать свои навыки. Поэтому некоторые предприятия обеспечивают работников собственными учебными центрами. По сравнению с оплатой труда квалифицированных сварщиков, намного дешевле иметь одного оператора, который будет управлять работой РТК и загружать программное обеспечение (ПО).

Контроль за качеством во время сварки. Современное ПО роботов позволяет улучшить процесс контроля производства, например, ПО слежения за дугой следит, записывает и составляет отчеты с данными сварки в режиме реального времени. Показатели могут поступать в центральную базу хранения через интернет (локальную сеть). Другая программа автоматически исправляет ошибки и обеспечивает быстрое решение проблемы в случае неожиданной ошибки робота, если она возникнет. И в завершение, защита паролем и ведение журнала событий обеспечат текущую сводку любых изменений в процессе роботизированной сварки за определенный период времени. Указанные пакеты ПО разработаны, чтобы помочь компаниям поддерживать высокий стандарт качества даже в случае замены персонала.

Надеемся, что приведенные в статье аргументы помогут вам принять обоснованное решение в пользу роботизации вашего производства. Для большинства производителей роботизация и автоматизация должны быть лишь вопросом времени. Если вы собираетесь установить робота впервые, выбирайте надежного интегратора, который в тесном сотрудничестве с вами разработает систему, соответствующую вашим индивидуальным пожеланиям. Для любого проекта по автоматизации сварки также важны техническая поддержка и обучение. Помните, что задачи автоматизации и роботизации — снизить производственные затраты и повысить качество сварки.

Будьте уверены, роботы помогут Вам в достижении этих целей!

● #893



НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ФИРМА
ТЕХВАГОНМАШ

Тел.: +38 (0536) 70-17-23, факс: (0536) 77-34-87
E-mail: market@tvagonm.com.ua
www.tvagonm.com.ua



**ВЕДУЩИЙ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ
ПРОИЗВОДИТЕЛЬ ПОРОШКОВЫХ ПРОВОЛОК
ДЛЯ СВАРКИ, НАПЛАВКИ И НАПЫЛЕНИЯ**

Производственная база ООО «ТМ.ВЕЛТЕК» это единственный на Украине комплекс с полным технологическим циклом изготовления порошковых проволок мощностью до 5000 тп/год.



03680, г.Киев, Украина, ул.Боженко 15, оф.303,507
тел. (044) 200-86-97 факс(044) 200-84-85
office@veldtec.ua www.veldtec.ua

*Качество продукции
подтверждается
объемами поставок
и широким кругом
партнеров*

Представители:

ООО «ТМ.Велтек»
Российская федерация,
г.Белгород, ул.Сумская 20
тел.: +7(4722) 300-708
тел.: +7 (4722) 22-21-21

ООО «СМНТ»
Россия, 248009, г.Калуга,
ул.Грабцевское шоссе, 60А
тел.: +7 (4842) 75-04-02
факс: +7 (4842) 77-02-86

ЗАО «ОСК»
Республика Беларусь, 220073
г.Минск, ул.Гусовского 2А, оф.4/1
тел.: +375 (017) 290-87-85

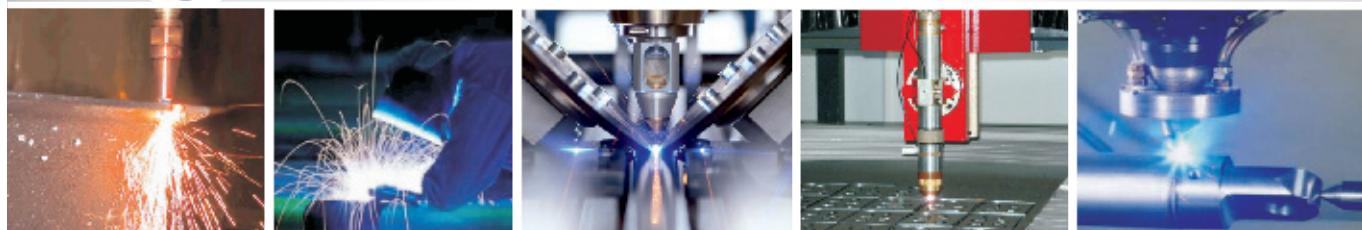
ООО «ПП-ТЕХНОЛОГИИ»
Россия, 241035, г.Брянск
ул.Литейная, 11
тел.: +7 (4832) 57-27-07



**СВАРКА
и РЕЗКА**

16-я международная специализированная
выставка оборудования, приборов
и инструментов для сварки и резки

5-8.04.2016



ЗАЩИТА ОТ КОРРОЗИИ. ПОКРЫТИЯ
Международный специализированный салон



МАШИНОСТРОЕНИЕ
4-я международная специализированная выставка



ЛИТМЕТЭКСПО
Международная специализированная выставка

**Беларусь, Минск,
пр-т Победителей, 20/2
Футбольный манеж**

Организатор:



МИНСКЭКСПО

Тел.: +375 17 226 98 58
+375 17 226 90 83

Факс: + 375 17 226 98 58
+375 17 226 99 36

E-mail: e_fedorova@solo.by

Генеральный
информационный
партнер:



Система экономии защитного газа EWR



Улучшайте эффективность сварочного процесса за счет сокращения расхода защитного газа...

Для осуществления экономичного и эффективного сварочного процесса важное значение имеет оптимальное использование всех ресурсов. Однако такому средству оптимизации, как снижение расхода защитного газа зачастую уделяется слишком мало внимания. В основном это связано с трудностями определения и измерения его, так как во время работы газ нельзя увидеть или ощутить.

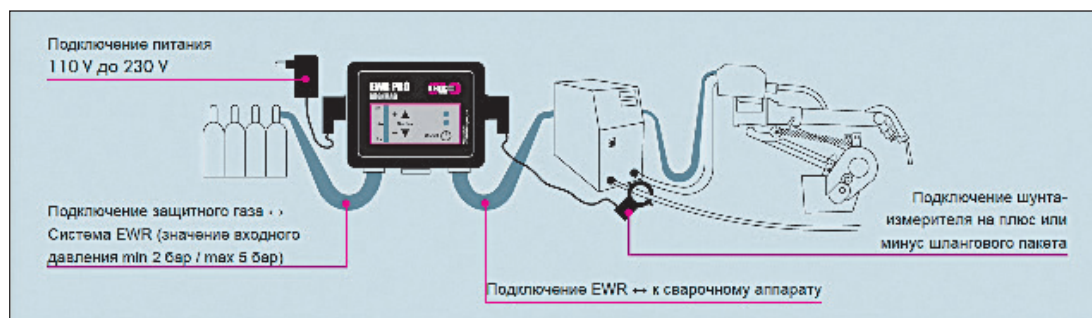
ABICOR BINZEL для решения вышеописанной проблемы предлагает использовать систему экономии защитного газа EWR (Электронный Сварочный Регулятор). Данная система позволяет одновременно как экономить защитный газ, так и улучшить защиту сварочной ванны.

Преимущества, которые говорят сами за себя:

- Значительно экономит газ
- Повышает стабильность процесса
- Увеличивает срок службы
- Снижает затраты на обслуживание
- Стандартизирует процессы
- Сокращает количество брака

«Подключите и работайте»

Установка системы экономии газа EWR занимает всего несколько минут. Экономьте газ быстро и легко!



Техническая характеристика

Масса, кг	около 1,3
Размеры (В×Д×Ш), мм	118×148×58
Электрическое подключение	24В DC, 450–750 мА
Соответствие выходного давления и расхода газа	0,2–2,0 бар: 5,0–23,0 л/мин
Расход газа, л/мин	5,0–30,0
Входное/выходное давление, бар:	
2–6	до 0,6
3–6	до 1,2
4–6	до 2,0

Экономия газа до 60 %

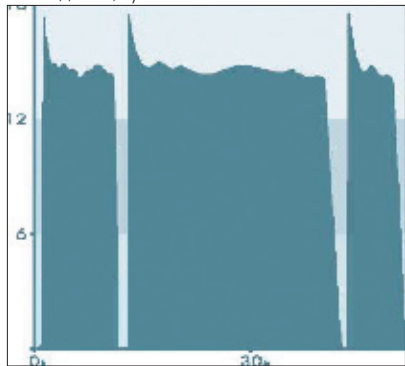
Четыре метода = в 4 раза больше экономия!

EWR сочетает в себе 4 инновационных метода регулирования газа. Объединив эти 4 метода, удастся снизить расход газа в процессе сварки в среднем на 40 %, при идеальных условиях до 60 %. Наряду с экономией газа существуют и другие положительные эффекты, достигаемые при использовании EWR, например, уменьшение брызг и лучшая газовая защита при сварке.

1-й метод. Предотвращение образования пиков при начале сварки

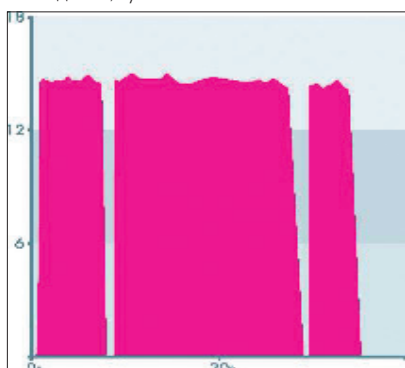
Система EWR постоянно регулирует расход газа, таким образом удастся избежать появления пиков даже при начале сварочного процесса.

Расход газа, л/мин



Расход газа при стандартной сварке с образованием пиков в начале работы

Расход газа, л/мин

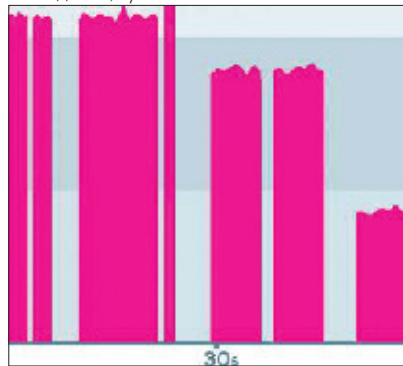


Расход газа при использовании оборудования, снижающего давление, и, соответственно, отсутствие пиков при начале сварки

2-й метод. Регулирование расхода защитного газа в соответствии со сварочным током

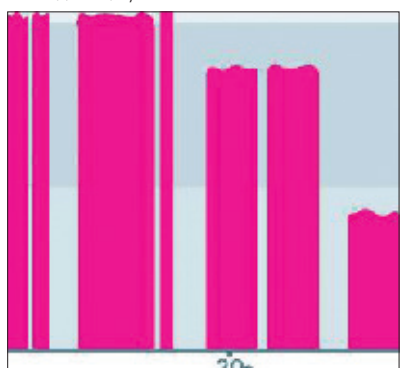
С помощью шунта-измерителя система EWR учитывает текущее значение сварочного тока и в соответствии с ним регулирует подачу газа.

Расход газа, л/мин



Используемый сварочный ток

Расход газа, л/мин

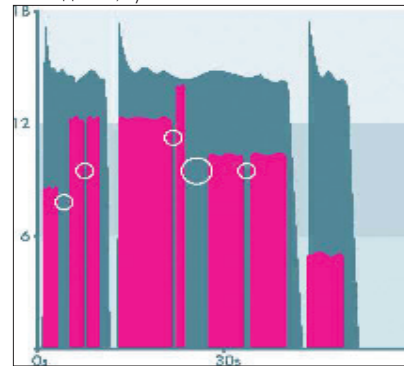


Расход газа, отрегулированный с помощью системы EWR в соответствии с используемым сварочным током

3-й метод. Быстро реагирующие высокочастотные клапаны

Благодаря высокочастотным клапанам, реагирующим моментально, отсутствуют потери газа между отдельными пусками — открытием и закрытием клапана.

Расход газа, л/мин



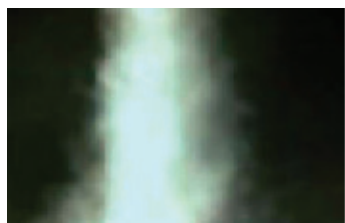
Сравнение расхода газа при использовании системы EWR и без нее

Обозначения:

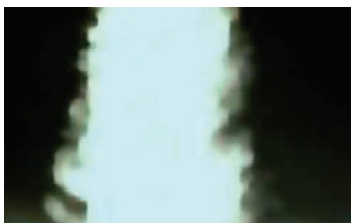
- Расход газа без использования системы EWR
- Расход газа при использовании системы EWR
- Нет потерь газа между отдельными пусками

4-й метод. Пульсация защитного газа с частотой 60 Гц

Пульсация с частотой 60 Гц обеспечивает улучшенную газовую защиту при меньшем расходе защитного газа и дает более стабильную дугу.



Дуга/поток газа без использования системы EWR



Дуга/поток газа при использовании системы EWR

Система нашла широкое применение на машиностроительных, автомобилестроительных и других предприятиях, использующих MIG/MAG и TIG сварку. Наиболее эффективна в случае применения автоматизированных и роботизированных сварочных процессов.

Публикуется на правах рекламы

● #894



ООО «АБИКОР БИНЦЕЛЬ Сварочная техника»

тел.: +7 (495) 221-84-81, 221-84-82

факс: +7 (495) 510-64-70

e-mail: binzel-abicor@yandex.ru

www.binzel-abicor.com

Агрегаты для высокочастотной сварки трубной заготовки из лент медных сплавов

В. А. Васильев, В. Ю. Мазманашвили, Институт «Гипроцветметобработка» (Москва).

Наряду с разработкой нового оборудования, институт «Гипроцветметобработка» занимался совершенствованием действующего технологического оборудования на ОАО «Кировский завод по обработке цветных металлов» и на других заводах ОЦМ. Процессы обработки цветных металлов предъявляют свои специфические требования к оборудованию. Различные машины и механизмы, разработанные для черной металлургии, не всегда подходят для обработки цветных металлов.

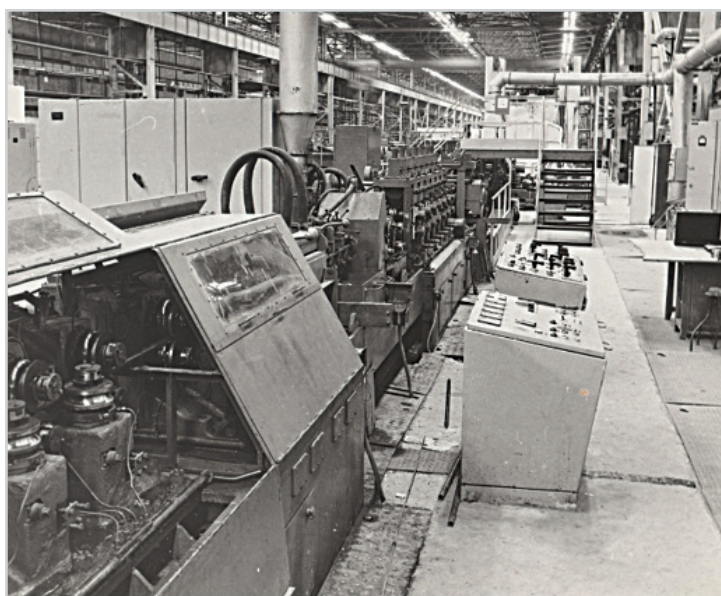


Рис. 1. Блок формовочных клеток (на переднем плане)

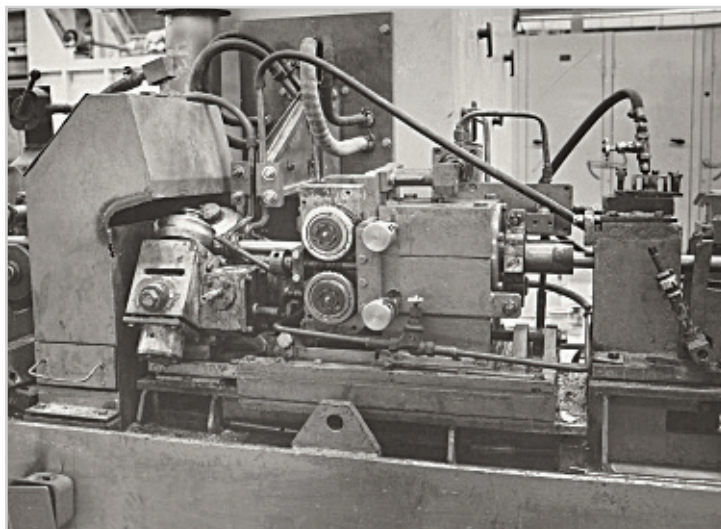


Рис. 2. Сварочная и ножевая клетки с устройством для улавливания «выплесков» металла

С приходом к руководству институтом «Гипроцветметобработка» Ю. Ф. Шевакина и его заместителя И. И. Добкина начался новый этап развития института и его коллектива. Повысилась значимость конструкторских разработок, был выполнен ряд проектов нового оборудования для заводов по обработке цветных металлов (ОЦМ). Задачей конструкторов института была разработка сварочного, литейного, волочильного, гальванического и другого оборудования, применительно к цветной металлургии. Так, по заданию лаборатории обработки металлов давлением под руководством С. С. Зуева был модернизирован стан для высокочастотной сварки труб «Кировского завода по обработке цветных металлов» (Кировский завод ОЦМ): разработаны оригинальные блоки формовочных клеток (разработчик В. В. Седов) (рис. 1), трехроликовая сварочная и ножевая клет с устройством для улавливания «выплесков» металла при сварке (разработчик В. А. Васильев) (рис. 2).

Схема индукционного метода высокочастотной сварки труб показана на рис. 3.

Витки цилиндрического индуктора 1 охватывают трубную заготовку 2, сформованную в блоке клеток стана в непосредственной близости от обжимных роликов 3. В районе индуктора 1 между кромками 4 сформированной в трубу заготовки образуется воздушный зазор, постепенно уменьшающийся до точки сварки 5, в которой сходятся кромки трубы и замыкается кольцевое сечение. Ток, наводящийся в трубе индуктором, благодаря зазору

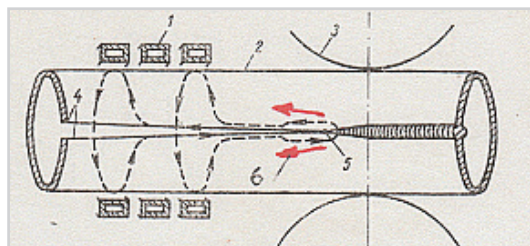


Рис. 3. Схема индукционного метода высокочастотной сварки труб

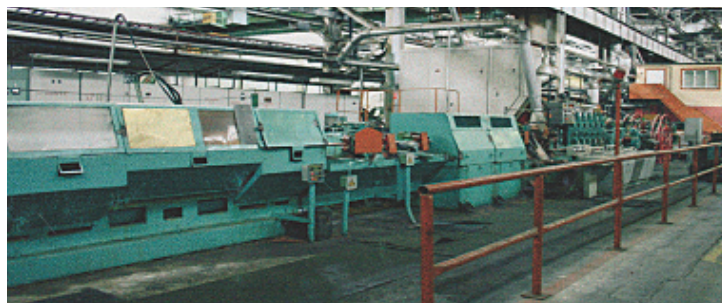


Рис.4. Трубосварочный агрегат ТЭСА 15-50

Таблица 1. Технические характеристики агрегата ТЭСА 15-50

Диаметр трубы наружный, мм	10–50
Толщина стенки трубы, мм	0,8–2,0
Скорость сварки, м/мин	40–90
Частота сварочного тока, КГц	440
Масса рулона (ленты), т	4,0
Диаметр бухты, мм	1200–1800
Длина труб в отрезках	4,0–6,0
Масса бухты, кг	250

между кромками (показано пунктиром), проходит через точку 5. На кромках трубы создается высокая концентрация электрической энергии, возрастающая по мере приближения кромок к точке сварки 5. При этом образуется поток затвердевших «выплесков» металла 6, которые должны быть собраны и удалены по мере накопления их в бункере сварочной клетки.

Образующиеся при сварке внутренний и наружный граты снимаются со шва с помощью специального гратоснимателя (внутренний грат) и обычного резца (наружный грат). Снятие внутреннего грата для труб из цветных металлов при радиочастотной сварке является обязательной операцией в тех случаях, когда они применяются для их дальнейших прокатки или волочения.

Возникла производственная необходимость, для заводов ОЦМ, в создании трубосварочного агрегата для производства трубной заготовки большой массы, пригодной для последующего бухтового волочения, с учетом опыта эксплуатации модернизированного стана для сварки труб диаметром 38 мм и толщиной стенки 1,8 мм из латуни при скорости до 60 м/мин.

Необходимо было установить максимальную длину (и массу) трубы в бухте, из которой можно удалить внутренний грат промывкой водой и продувкой воздухом. В состав агрегата вошел узел, позволяющий создать давление воды до 2,0–2,5 МПа. Это дало возможность извлечь грат, полученный на частоте 66 КГц из свернутой в бухту трубы длиной не более 40 м, что было недостаточным для последующего эффективного бухтового волочения на барабанном стане. Уменьшение высоты внутреннего грата путем повышения частоты сварочного тока высокочастотной установки до 440 КГц позволило решить данный

вопрос, увеличив длину трубы в бухте. При этом оказалось, что сварка на этой частоте требует формирования специфического очага сварки с углами схождения кромок, значительно превышающими принятые ранее. При новой конфигурации индуктора сварочные ролики должны быть меньшего диаметра, чем у роликов, применяемых ранее. Была достигнута нужная длина бухты до 200 м при мелкодисперсном грате, который самостоятельно удалялся из бухты при ее сворачивании в вертикальной плоскости.

В разработке нового агрегата ТЭСА 15–50 (рис. 4) приняли участие А. В. Бушев, В. Ю. Мазманашвили, В. А. Васильев, И. А. Пименова, Л. П. Тюфанова и др.

Технические характеристики агрегата ТЭСА 15–50 приведены в табл. 1.

В освоение агрегата ТЭСА 15–50 на Кировском заводе ОЦМ большой вклад внесли руководство и сотрудники завода Н. С. Счастливцев, Н. М. Широков, Б. В. Зотов, А. А. Филиппов и др.

По результатам освоения ТЭСА 15–50 А. В. Бушевым был разработан второй агрегат ТЭСА-15–50М, дополненный линией транспортировки бухты к волочильным барабанам.

Заводом «АЗТМ» (г. Алма-Ата), по разработке института (Г. Л. Манов, Е. С. Бергер), был изготовлен трубоволоочильный барабанный стан ТБН 1800 и поставлен на Кировский завод ОЦМ. Диаметр волоочильного барабана — 1800 мм.

Во время монтажа и успешного пуска стана аргодуговой сварки труб АДСТ 5-25-1 на фирме «Термомеханика» (г. Сан-Пауло, Бразилия) специалисты института (В. А. Васильев, В. Е. Кудряшов, В. Н. Тюшевский) были ознакомлены с конструкцией и работой более мощного трубоволоочильного барабанного стана, разработанного и изготовленного этой фирмой. Диаметр барабана 4,600 мм.

На стане обрабатывалась труба диаметром 90 мм и толщиной стенки 9–10 мм, полученная прессованием в воду на горизонтальном прессе.

Успешная и продуктивная работа коллектива института выразилась в преобразовании его в комплексную организацию: научно-исследовательский, проектный и конструкторский институт сплавов и обработки цветных металлов.

● #895

Экономико-статистический обзор мирового и регионального рынков порошковой проволоки

С. В. Пустовойт, канд. техн. наук, О. К. Маковецкая, канд. экон. наук, В. С. Петрук, Н. С. Бровченко, Институт электросварки им. Е. О. Патона НАНУ

Электродуговая сварка является одной из базовых технологий индустриальной экономики. Для промышленно развитых стран характерно устойчивое развитие сварочного производства, появление на рынке сварочной техники, новых технологий, оборудования и сварочных материалов. Высокое качество сварных швов и производительность процесса сварки являются основными факторами, определяющими широкое применение технологий сварки и наплавки порошковой проволокой в различных отраслях промышленности и строительства. В статье представлен анализ мирового и региональных рынков порошковой проволоки.

Электродуговая сварка является одной из основных технологий создания неразъемных соединений металлов и сплавов в машиностроении и строительстве. Повышение ее производительности и качества является приоритетной задачей в сварочном производстве. Прорывом в совершенствовании процессов сварки электрической дугой было создание технологий и оборудования для механизированной и автоматической сварки и наплавки порошковыми проволоками и лентами, разработка высококачественных порошковых сварочных и наплавочных материалов.

Мировой рынок. Порошковые проволоки, несмотря на то, что они имеют более высокую стоимость, чем проволоки сплошного сечения, являются одним из основных сегментов рынка сварочных материалов и востребованным товаром на мировом рынке. Ввиду широкого применения технологий сварки и наплавки порошковыми проволоками и лентами в экономически развитых странах их потребление в промышленности и строительстве ежегодно растет, несмотря на кратковременные спады в периоды кризисных явлений в мировой экономике.

Согласно оценке Frost&Sullivan [1], в 2010 г. объем продаж сварочных материалов в мире достиг уровня 7,6 млрд долл. США, из них доля порошковой проволоки составила 20,8%, или в денежном выражении — 1,58 млрд долл. США. Ожидается, что к 2017 г. в структуре мирового рынка сварочных материалов объем реализации порошковой проволоки в процентном отношении останется на уровне 20,6%, а в денежном выражении, в связи с двукратным ростом продаж сварочных материалов в мире, составит почти 2,6 млрд долл. США [2]. В 2010–2017 гг. ежегодный темп ее роста составит 7,7%, уступая при этом только сегменту проволоки сплошного сечения.

В натуральном выражении объем мирового рынка сварочных материалов, по данным японского издания Japan Welding News for the World, в 2013 г. превысил 6,2 млн т, из которых около 14% или 864 тыс. т, составляет порошковая проволока. Данные о производстве порошковой проволоки в мире в 2011–2013 годах приведены в табл. 1 [3, 4].

В промышленно развитых странах доля порошковой проволоки в структуре потребления сварочных материалов составляет от 20 до 40%, так например: в Корею — 40%, Японии — 35,9%, в США и странах ЕС — 20–22%. Основными отраслями, в которых широко используются технологии сварки порошковыми сварочными материалами, являются судостроение и строительство морских сооружений (платформ, причалов и др.). Доля механизированной сварки плавящимся электродом, выполняемой с применением порошковой проволоки, составляет почти 80%. При изготовлении морских платформ и сопутствующего оборудования используют бесшовные порошковые проволоки с быстро затвердевающим рутиловым флюсом, пригодные для сварки во всех пространственных положениях [5].

Широко применяется порошковая проволока и в мостостроении (для реализации процесса сварки разработаны и внедрены металлопорошковые проволоки нового поколения), при изготовлении сосудов и контейнеров, в промышленном строительстве, энергетике, строительстве трубопроводов. Структура потребления основных видов

Таблица 1. Мировой рынок порошковой проволоки в 2011–2013 гг.

Год	Рынок сварочных материалов		
	Мир, всего, тыс. т	Порошковая проволока, тыс. т	Доля порошковой проволоки, %
2011	5945,6	748,7	12,5
2012	6213,3	820,7	13,2
2013	6283,6	863,7	13,8

сварочных материалов в различных отраслях промышленности Японии представлена на *рис. 1* [6].

В мире в целом наблюдается рост спроса на сварочные и наплавочные материалы, применяемые в секторе ремонта и технического обслуживания, для сварки, пайки и поверхностного упрочнения (наплавки), а также термического напыления. Стоимостный объем мирового рынка сварочных материалов для этого сектора составляет около 2 млрд долл. США, и к 2017 г. ожидается ежегодный его рост на 4,5%. В структуре рынка сварочных материалов для ремонта и технического обслуживания, согласно данным [7], на порошковую проволоку приходится 24%.

Региональные рынки порошковой проволоки. Крупным сегментом мирового рынка порошковой проволоки является азиатский регион. Рынок стран Азии составляет 68% мирового рынка. Данные об объеме и структуре потребления основных видов сварочных материалов в ряде регионов мира приведены в *табл. 2* [3, 4].

В настоящее время Китай является лидером мирового и регионального потребления порошковой проволоки, потребление которой в промышленности ежегодно растет. В 2013 г. объем потребления порошковой проволоки составил 330 тыс. т, или 38,2% мирового потребления. В структуре потребления сварочных материалов ее доля составляла почти 10%.

На *рис. 2* приведены данные 2013 года, характеризующие долю потребления порошковой проволоки основных регионов и стран в мировом масштабе и в структуре внутреннего потребления сварочных материалов.

Общий объем производства сварочных материалов в Японии в 2013 г. превысил 280 тыс. т, а потребления — 260 тыс. т, из которых 31,8% (83 тыс. т) составляла порошковая проволока, 46,7% — проволока сплошного сечения. Признанным лидером производства и потребления порошковой проволоки является Республика Корея. Более 70% производимых в стране сварочных материалов — это проволоки сплошного сечения и порошковая.

Объем европейского рынка порошковой проволоки в натуральном выражении составил почти 106 тыс. т. Основными производителями и потребителями сварочных ма-

териалов в Европе являются Германия, Франция и Италия. В структуре производства и применения сварочных материалов в странах ЕС доминирует проволока сплошного сечения (почти 56%), а на порошковую проволоку приходит-

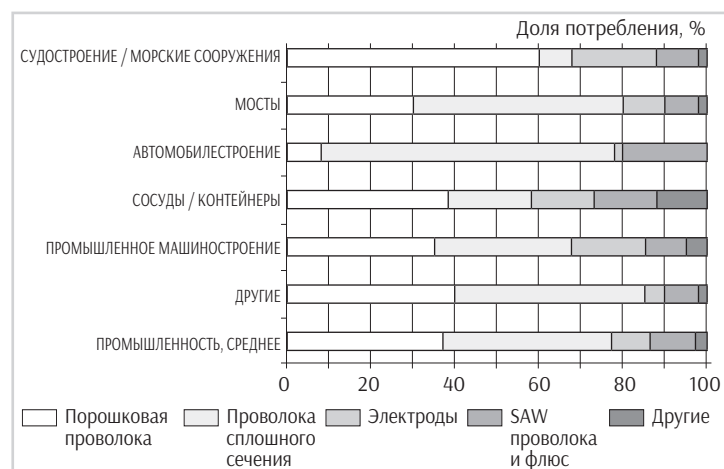


Рис. 1. Доля основных видов сварочных материалов в различных отраслях промышленности Японии

Таблица 2. Объем и структура потребления сварочных материалов в регионах мира в 2013 г.

Регион	Электроды		Проволока для сварки под флюсом и флюс		Проволока сплошного сечения		Порошковая проволока		Всего	
	тыс. т	%	тыс. т	%	тыс. т	%	тыс. т	%	тыс. т	%
Европа	58,3	11	68,9	13	296,8	56	106,0	20	530,0	100
Северная Америка	55,2	12	46,0	10	253,0	55	105,8	23	460,0	100
Центральная и Южная Америка	103,4	47	19,8	9	79,2	36	17,6	8	220,0	100
Россия (ТС)	105,6	48	30,8	14	66,0	30	17,6	8	220,0	100
Азия	1866,3	42	505,2	11	1508,5	34	583,6	13	4464,6	100
Ближний Восток	95,0	50	19,0	10	58,9	31	17,1	9	190,0	100
Африка	82,5	55	12,0	8	43,5	29	12,0	8	150,0	100
Океания	23,0	46	4,5	9	18,5	37	4,0	8	50,0	100
Мир, всего	2389,3	38	706,2	11	2324,4	37	863,7	14	6283,6	100

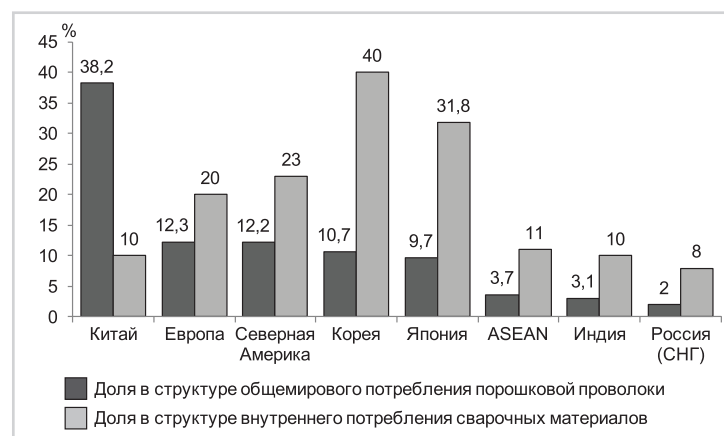


Рис. 2. Доля порошковой проволоки в структуре мирового и внутреннего потребления регионов и стран — основных потребителей порошковой проволоки, в 2013 г.

ся около 20%. Оценить общую картину по объему и структуре производства порошковой проволоки в Европе в 2011–2013 гг. позволяют данные стоимостного и количественного объема ее производства в Германии: в 2011 г. было выпущено 23,4 тыс. т порошковой проволоки (на сумму 53,1 млн евро), в 2012 г. — 21,7 тыс. т (53,3 млн евро), в 2013 г. — 20,7 тыс. т (52,3 млн евро).

Страны СНГ. Объем производства порошковой проволоки в странах СНГ невелик. В лучший докризисный 2007 год он составлял около 5 тыс. т, при общем объеме производства сварочных материалов 320 тыс. т. Россия наращивает импорт сварочных материалов, в том числе порошковой проволоки. Импорт сварочных материалов в 2001–2014 гг. вырос в 5,4 раза — с 7,3 тыс. т до 38,6 тыс. т, в том числе порошковой проволоки — почти в 3,6 раза —

с 1,5 тыс. т до 5,4 тыс. т. Основными поставщиками порошковой проволоки являются компании ESAB (Китай), Lincoln Electric (Китай), Hyundai (Южная Корея), Kobelco (Голландия) [8].

В табл. 3 приведены данные объема и структуры потребления сварочных материалов в странах СНГ в 2011–2013 гг. [3, 4].

Украина. Производство порошковой проволоки в Украине в 2011–2014 гг. составило 1,5–2,7 тыс. т, однако в 2013 и 2014 гг. наблюдается снижение объемов ее выпуска. Доля порошковой проволоки в структуре производства сварочных материалов в последние годы составляла 0,2–0,3% [9]. Динамика ее производства с 1990 г. по 2014 г. представлена на рис. 3.

Производителями порошковой проволоки в Украине являются: ГП «Опытный завод сварочных материалов ИЭС им. Е. О. Патона» НАНУ, ООО «ТМ. Велтек», ООО НПФ «Элна», и некоторые их представители в РФ: ООО «СМИТ» (Калуга, РФ), ООО «ПП-Технологии» (Брянск, РФ), ООО «Итава Стар» (Москва).

На рис. 4 представлены данные государственной статистики и Института электросварки им. Е. О. Патона, показывающие объемы производства, потребления и продаж порошковой проволоки в Украине [9].

Производство и потребление порошковой проволоки в различных отраслях промышленности и строительства в 2012–2014 гг. ежегодно сокращалось.

Динамика экспортно-импортных операций по порошковой проволоке в натуральном и стоимостном выражении представлена на рис. 5.

Таблица 3. Объем потребления сварочных материалов в странах СНГ (вместе с Россией) в 2011–2013 гг.

Сварочные материалы	2011		2012		2013	
	тыс. т	%	тыс. т	%	тыс. т	%
Покрытые электроды	112,2	51	112,7	49	105,6	48
Порошковая проволока	13,2	6	18,4	8	17,6	8
Проволока для сварки под флюсом	30,8	14	32,2	14	30,8	14
Проволока сплошного сечения	63,8	29	66,7	29	66,0	30
Всего	220,0	100	230,0	100	220,0	100

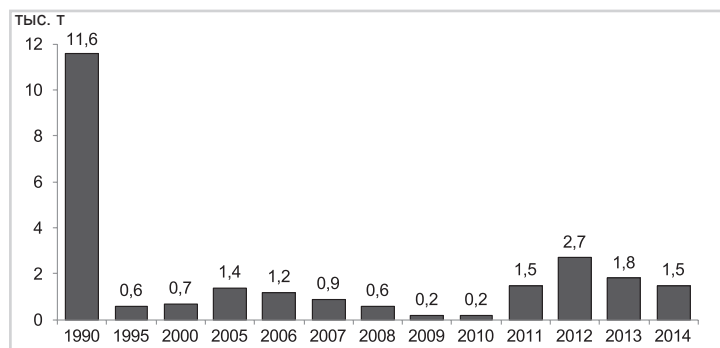


Рис. 3. Производство порошковой проволоки в Украине

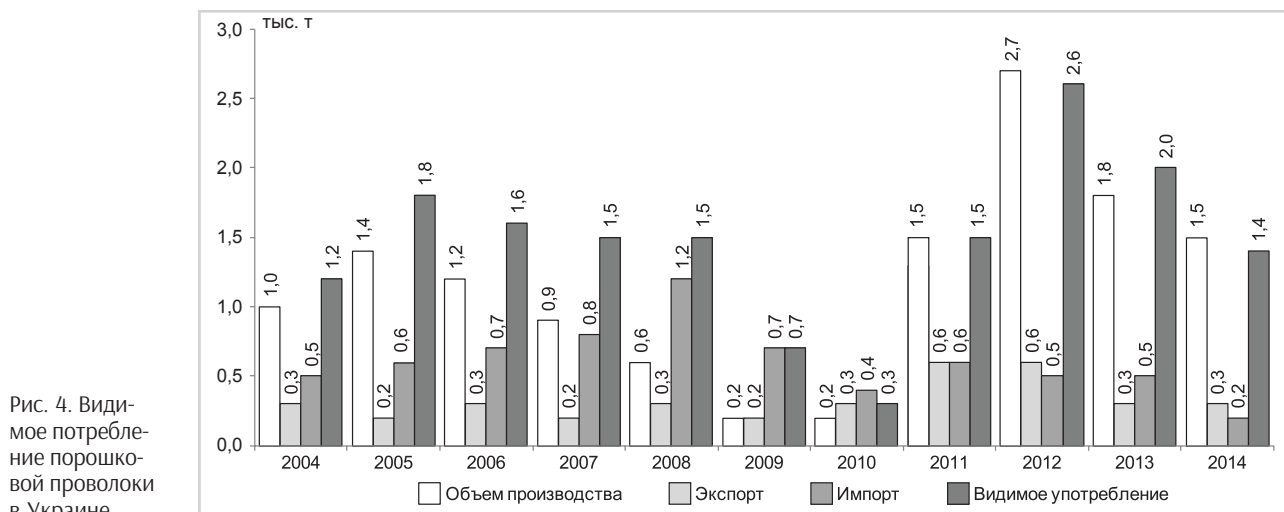


Рис. 4. Видимое потребление порошковой проволоки в Украине

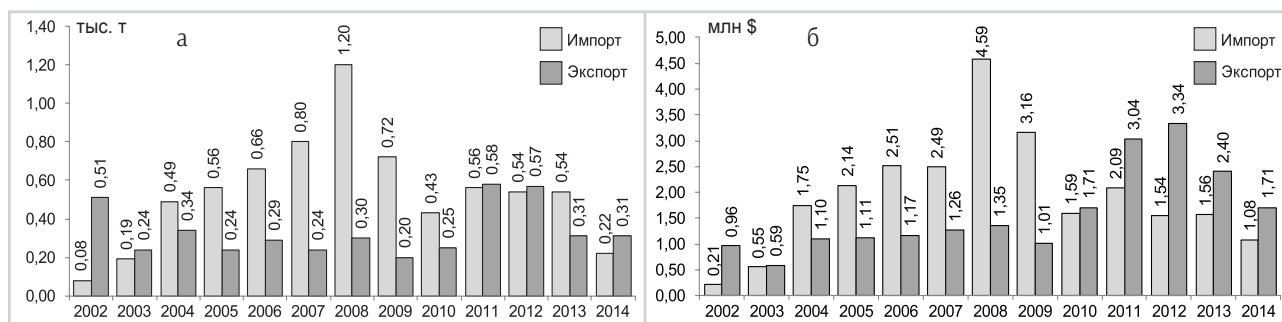


Рис. 5. Динамика экспорта-импорта порошковой проволоки: в натуральном (а) и стоимостном (б) выражении

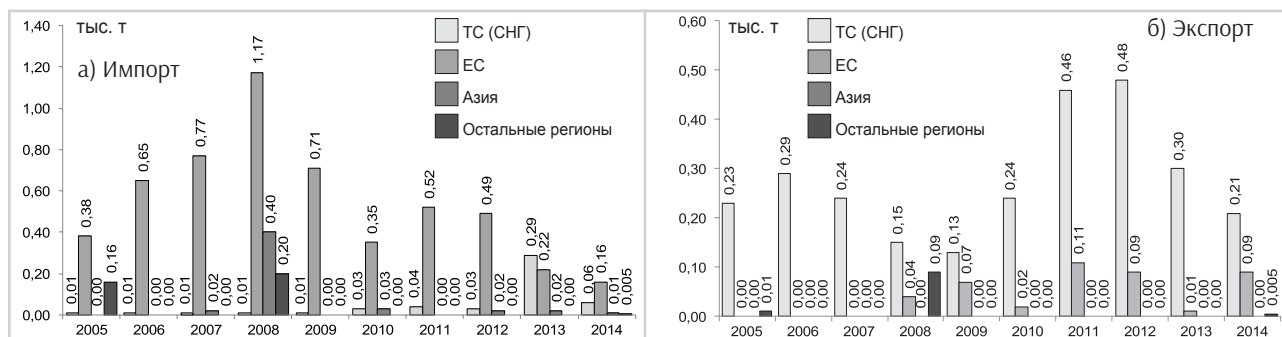


Рис. 6. Динамика импорта (а) и экспорта (б) порошковой проволоки по основным экономическим регионам

Импорт порошковой проволоки осуществляли в основном из стран ЕС, который в отдельные годы составлял почти 99%. Экспортировали порошковую проволоку преимущественно в страны СНГ (Россию). Такое распределение импорта и экспорта по экономическим регионам характерно и для остальных товарных групп сварочной техники. Динамика экспортно-импортных операций по основным экономическим регионам представлена на рис. 6.

Динамика мирового производства и потребления конструкционных материалов позволяет сделать прогноз об увеличении объемов мирового сварочного производства в ближайшем будущем. Невзирая на временные кризисные явления в экономике отдельных стран и регионов, спрос на сварочные материалы будет увеличиваться.

Анализ мирового и региональных рынков порошковой проволоки показал, что в мире наблюдается устойчивый рост применения механизированной и автоматической сварки порошковыми сварочными и наплавочными материалами и увеличение их производства, за счет ввода новых производственных мощностей для удовлетворения повышающегося спроса.

Высокая производительность и качество сварных швов определяют широкое применение технологий сварки и наплав-

ки порошковой проволокой в различных отраслях промышленности экономически развитых и ряда развивающихся стран.

Литература

1. Sudhakar Ruth Sudhakar. Key Growth Accelerators for the Global Welding Consumables Market. Режим доступа: <http://www.frost.com>
2. Multiple benefits to underpin appeal of flux-cored wires // Welding and Cutting.— 2013.— N 5.— P. 286.
3. General Description for Welding Consumables // The Japan Welding News for the World.— 2014.— N 67.— P. 4–5.
4. General Description for Welding Consumables Market // The Japan Welding News for the World.— 2012.— N 59.— P. 5–6.
5. Rosert R., Карасев М.В. Порошковые проволоки — тенденции, развитие и их применение в промышленности // Материалы международной научно-технической конференции «Сварочные материалы — 2012».— С.-Петербург.— 2012.— С. 220–230.
6. Morimoto T. Developments in Flux-cored Wire for Gas-shielded Arc Welding // Kobelco Technology Review.— 2005.— N 26.— P. 49–53.
7. Chauhan A. Welding Requirements for Repairs and Maintenance Increased Adoption of Preventive Maintenance Leads the Market for Welding // Режим доступа: <http://www.frost.com>
8. UNCOMTRAD. Режим доступа: <http://comtrade.un.org>
9. Економіко-статистичний огляд зварювального виробництва і ринку зварювальної техніки України в 1990–2013 рр.— К.: Вид-во ІЕЗ ім. Є.О. Патона, 2014.— 71 с.

● #896

Weldex/Россварка 2015.

Высокие стандарты качества и надежности сварочного оборудования

В Москве, в КВЦ «Сокольники» 6–9 октября 2015 г. состоялась 15-я Международная выставка сварочных материалов, оборудования и технологий Weldex/Россварка. Организатором этого мероприятия выступила Группа компаний ITE (www.ite-expo.ru), лидер рынка выставочных услуг в России. Выставка прошла при поддержке Российского научно-технического сварочного общества (РНТСО), Московского Межотраслевого Альянса Главных сварщиков и главных специалистов по резке и металлообработке (ММАГС) и компании «Элсвар».

Weldex/Россварка 2015 — ведущая отраслевая выставка в России и Восточной Европе, где отечественные и зарубежные компании представляют современные технологические новинки и решения для всех видов сварки и родственных процессов. В этом году в выставке Weldex/Россварка приняли участие более 200 компаний из 15 стран мира, из них 70% участников — российские компании.

В приветствии, которое направил участникам и гостям выставки председатель Комитета Государственной Думы Российской Федерации по промышленности Сергей Собко, отмечается, что «выставка Weldex/Россварка 2015 способствует развитию здоровой конкуренции, а также ориентирует бизнес на выпуск сварочной продукции, отвечающей самым высоким стандартам качества и надежности. На выставке, наряду с отечественными производителями, неизменно широко представлены предприятия — мировые лидеры сварочного рынка, что позволяет осуществлять координацию усилий по взаимной интеграции и успешному партнерству».



В выставке Weldex/Россварка 2015 традиционно приняли участие российские и мировые компании — лидеры отрасли: ESAB, Fanuc, Kemppi, Kuka, Lincoln Electric, MESSER EUTECTIC CASTOLIN, Panasonic Automotive & Industrial Europe GmbH, Voestalpine Bohler Welding Russia, Yaskawa, ОАО «Лосиноостровский электродный завод», ЗАО «СовПлим», НПП «Технотрон», НПФ ИТС, ООО «Эллой» и многие другие. Более 30 компаний приняли участие в выставке впервые, среди них: ELBOR + SINCOSALD, Tiesse Robot S.P.A., Инжиниринговый центр использования лазерных технологий в машиностроении при ВлГУ, «Криоген», «НПЦ Анतिकоррозионной Защиты», «ТверьГазСервис», Чепецкий Механический Завод и другие.

Выставку Weldex/Россварка 2015 посетили свыше 6000 специалистов отрасли из 68 регионов России и 29 зарубежных стран, что свидетельствует о важности этого мероприятия для отрасли и неизменном интересе профессионального сообщества к представленным на выставке новинкам и технологиям.

Традиционно на стендах зарубежных и российских компаний были продемонстрированы новинки сварочного оборудования и материалов. Так, компания «ЛИГА СВАРКИ» представила революционную сварочную систему КЕДР MULTIMIG с функцией активной стабилизации проплавления. В период работы выставки было проведено тестирование этого оборудования. На стенде можно было увидеть и самый маленький полуавтомат с синергетическим управлением MIG-160GDM. При малом весе и габаритах он совмещает в себе 3 сварочных аппарата.

«Технологический центр ТЕНА» представил производственное направление по выпуску сварочно-сборочных систем УСП, которое поможет заказчикам оснастить и улучшить производство. ТЦ «ТЕНА» — российский производитель про-



дукции, обладающей конкурентными характеристиками по сравнению с европейскими аналогами, что приобретает особое значение в рамках программы по импортозамещению и содействию российским производителям.

ООО «Научно-Производственный Центр Антикоррозионной Защиты» представил на своем стенде оборудование для защиты сварных швов от коррозии.

Рязанский кислородный завод «Криоген», производитель газов для сварки и резки металлов. Газы, производимые заводом «Криоген» составляют достойную конкуренцию продукции глобальных газовых компаний — мировых лидеров.

В рамках выставки Weldex/Россварка 2015 состоялся цикл круглых столов на актуальные темы.

На второй день работы выставки прошло заседание главных сварщиков Москвы и Московской области в формате «круглых столов» на тему «Лучшие технологии, оборудование, материалы для сварки, резки, наплавки от участников выставки Weldex/Россварка 2015 для промышленных предприятий Московского региона и других областей России», организаторами которого является Московский межотраслевой альянс главных сварщиков «ММАГС» и компания «ЭЛСВАР». Эксперты обсудили технические аспекты новинок сварочной техники, их качественные характеристики, вопросы охраны труда и защиты окружающей среды, а также средства защиты от вредных производственных факторов при сварке, резке и наплавке.

В этот же день, 7 октября, Российское научно-техническое сварочное общество (РНТСО) организовало круглый стол по теме «Тенденции и пути импортозамещения в сварочном производстве России».

Впервые Российское общество по неразрушающему контролю и технической диагностике (РОНКТД) провело круглый стол «Современные технологии неразрушающего контроля и диагностики сварных соединений». В дискуссии приняли участие эксперты компаний НПЦ «Кропус», «Панатест», «OLYMPUS», «ЭХО+» и «Мега-Инжиниринг».

В рамках выставки Weldex/Россварка 2015 традиционно проводились конкурсы «Лучший сварщик 2015», «Лучший молодой сварщик 2015» и «Лучший инженер (ученый) в сварочной области 2015». Цель конкурсов — повышение престижа рабочей профессии сварщик, выявление и поощрение специалистов-сварщиков, обладающих выдающимися профессиональными знаниями и навыками. Для участия допускались сварщики из России, СНГ и других стран мира, работающие на предприятиях в любых отраслях производства. Конкурсы проводились 6 и 7 октября на специально оборудованной площадке в павильоне 4.1. В них приняли участие более 60 специалистов-сварщиков, а подведение итогов и торжественное награждение победителей состоялось 8 октября.

Международная выставка сварочных материалов, оборудования и технологий проводилась при поддержке Министерства промышленности и торговли Российской Федерации, Комитета Государственной Думы Российской Федерации по обороне, Комитета Государственной Думы Российской Федерации по промышленности, Федерального космического агентства (РОСКОСМОС), Торгово-промышленной палаты Российской Федерации, Российского научно-технического сварочного общества и Московского межотраслевого альянса главных сварщиков. Спонсорами выставки были — ООО «ЭСАБ» и ООО НПП «Технотрон».

● #897

Сервисная карточка читателя

Без заполненного
формуляра
недействительна

Для получения дополнительной информации о продукции/услугах, упомянутых в этом номере журнала:

- обведите в Сервисной карточке индекс, соответствующий интересующей Вас продукции/услуге (отмечен на страницах журнала после символа «#»);
- заполните Формуляр читателя;
- укажите свой почтовый адрес;
- отправьте Сервисную карточку с Формуляром по адресу: 119049, г. Москва, Ленинский пр-т, д. 6, стр. 7, оф.19, «Сварщик в России».

882 883 884 885 886 887 888 889 890 891 892 893
894 895 896 897 898 899 900 901 902 903 904 905
906 907 908 909 910 911 912 913 914 915 916 917
918 919 920 921 922 923 924 925 926 927 928 929
930 931 932 933 934 935 936 937 938 939 940 941
942 943 944 945 946 947 948 949 950 951 952 953
954 955 956 957 958 959 960 961 962 963 964 965

Ф. И. О. _____

Должность _____

Тел. (_____) _____

Предприятие _____

Подробный почтовый адрес: _____

« _____ » _____ 2015 г.

подпись

Формуляр читателя

Ф. И. О. _____

Должность _____

Тел. (_____) _____

Предприятие _____

Виды деятельности предприятия _____

Выпускаемая продукция / оказываемые услуги _____

Руководитель предприятия (Ф. И. О.) _____

Тел. _____ Факс _____

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

Тел. _____ Факс _____

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

Тел. _____ Факс _____

Тарифы на рекламу в 2015 г.

На внутренних страницах

Площадь	Размер, мм	Стоимость, руб.
1 полоса	210×295	20000
1/2 полосы	180×125	10000
1/4 полосы	88×125	5000

На страницах основной обложки

Страница	Размер, мм	Стоимость, руб.
1 (первая)	215×185	45000
8 (последняя)	210×295 (после обрезки 205×285)	30000
2		28000
7		26000

На страницах внутренней обложки

Стр. (площадь)	Размер, мм	Стоимость, руб.
3, 1 полоса	210×295	25000
4, 1 полоса,	210×295	23000
3 и 4, 1/2 полосы	180×125	12000
5 и 6, 1 полоса)	210×295	22000
5 и 6, 1/2 полосы	180×125	11000

Изготовление оригинал-макета

- 10% стоимости рекламной площади

Статья на правах рекламы

- 1 стр. — 7500 руб.

Прогрессивная система скидок

Количество подач	2	3	4	5	6
● Скидка	5%	10%	13%	17%	20%

Требования к оригинал-макетам

Для макетов «под обрез»: формат издания после обрезки 205×285 мм; до обрезки 210×295 мм; внутренние поля для текста и информативных изображений не менее 15 мм.

Файлы принимаются в форматах: PDF, AI, INDD, TIF, JPG, PSD, EPS, CDR, QXD с прилинкованными изображениями и шрифтами. Изображения должны быть качественными, не менее 300 dpi, цветные палитру CMYK, текст в кривых, если нет шрифтов.

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

Носители: CD, DVD, или флэш-диск.

Подача материалов в очередной номер — до 15-го числа нечетного месяца

Зам. гл. ред., рук. рекл. отд. **В.Г. Абрамишвили**, к.ф.-м.н.:
тел./факс: +380 44 200-80-14, моб. +380 50 413-98-86
e-mail: welder.kiev@gmail.com

Зам. рук. рекл. отд., ред., **О.А. Трофимец**:
тел./факс: +380 44 200-80-18
e-mail: trofimits.welder@gmail.com
www.welder.stc-paton.com\

Заполняется печатными буквами