



+38 044 / 403 13 99
 +38 050 / 336 33 92
 info@jaeckle.com.ua



**made
 in
 Germany**

**ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СВАРКИ И РЕЗКИ
 WELDING & CUTTING**



ООС «Триада Сварка»
 с 1992 г. на рынок
 сварочного оборудования
 Украины

**РАЗРАБОТКА И ПОСТАВКА
 АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ
 СВАРОЧНЫХ КОМПЛЕКСОВ**

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ
 ОБЕСПЕЧЕНИЕ И ПОЛНАЯ
 КОМПЛЕКТАЦИЯ СВАРОЧНЫХ
 ПРОИЗВОДСТВ**

**РЕМОНТ ЛЮБОГО СВАРОЧНОГО
 ОБОРУДОВАНИЯ**

**ПУСКОНАЛАДОЧНЫЕ
 РАБОТЫ**

**ШИРОКИЙ ВЫБОР
 СВАРОЧНОГО
 ОБОРУДОВАНИЯ**

Запорожье, ул. 40 лет Сов. Украины, 82, оф. 79
 тел.: (061) 220-00-79, 233-10-58
 Днепрпетровск, пр. Кирова, 58, оф. 6
 тел.: (056) 375-65-83
 Киев, ул. Сырецкая, 35
 тел.: (044) 222-53-09

www.triada-welding.com, sales@triada-welding.com



**ТРИАДА
 СВАРКА**
 СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ ПОСТАВЩИК
 СВАРОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ







RFA ROBOTICS

ОФИЦИАЛЬНЫЙ СИСТЕМНЫЙ
 ИНТЕГРАТОР ПРОМЫШЛЕННЫХ
 РОБОТИЗИРОВАННЫХ СВАРОЧНЫХ
 КОМПЛЕКСОВ НА БАЗЕ ОБОРУДОВАНИЯ
YASKAWA MOTOMAN (ЯПОНИЯ) И
FRONIUS INTERNATIONAL [АВСТРИЯ]

ПЕРВЫЙ В УКРАИНЕ СЕРВИСНЫЙ
 ЦЕНТР ПО ОБСЛУЖИВАНИЮ И
 РЕМОНТУ РТК **MOTOMAN**

ПРОЕКТИРОВАНИЕ, РАЗРАБОТКА
 ТЕХНОЛОГИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ
ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ



ЗАПОРОЖЬЕ,
 (0612) 34-36-23
 (061) 213-22-69

RFA-ROBOTICS.COM



ДП «ЕКОТЕХНОЛОГІЯ»

Київ 03150 вул. Горького, 62

sales@et.ua, equip@et.ua

www.et.ua

тел./факс +380 44 200 8056 (багатоканальний), 289 21 81, 287 26 17, 287 27 16



зварювальні матеріали • зварювальне обладнання • газополуменева обробка металів • зварювальні матеріали

Більш ніж 1000 найменувань
промислових товарів
кращих вітчизняних та іноземних виробників

ВСЕ КРАЩЕ ДЛЯ ЗВАРЮВАННЯ





3 (97) 2014

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

Журнал награжден Почетной грамотой и Памятным знаком Кабинета Министров Украины

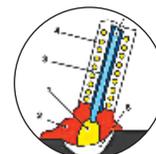
информационно-технический журнал
Сварщик®

Технологии
Производство
Сервис

3-2014

СОДЕРЖАНИЕ

	Новости техники и технологий	4
	Производственный опыт	
	Резаки серии SR для переносных и шарнирных газорезательных машин. <i>В. М. Литвинов, Ю. Н. Лысенко, С. А. Чумак, С. Л. Зеленский, В. А. Белинский, С. Л. Василенко, Т. Б. Золотопупова, Т. В. Литвинова</i>	6
	Опыт создания и освоения станов аргодуговой сварки тонкостенных труб в России и за рубежом. <i>В. А. Васильев, Е. М. Донской, В. Е. Кудряшов, В. М. Тюшевский</i>	11
	Наши консультации	16
	Технологии и оборудование	
	Основы разработки технологии сварки плавлением. 2. Приемы сварки. <i>Г. И. Лащенко</i>	20
	Методика оценки усталостной долговечности многослойного наплавленного металла. <i>И. А. Рябцев, И. К. Сенченков, И. И. Рябцев, А. А. Бабинец</i>	26
	Особенности сварки алюминиевых сплавов лазерным, микроплазменным и гибридным способами. <i>В. Д. Шелягин, В. Ю. Хаскин, А. А. Чайка, О. В. Доляновская, А. М. Оришич, А. Г. Маликов</i>	30
	Импульсно-плазменное модифицирование рабочей поверхности инструмента из быстрорежущей стали. <i>Ю. Н. Тюрин, Л. И. Маркашова, О. В. Колисниченко, И. В. Дуда, М. Л. Валевиц, Д. Г. Богачев</i>	36
	Влияние вида материала и технологии распыления на строение плазменной струи и величину ее давления на подложку. <i>О. Г. Быковский, А. Н. Лаптева, А. В. Фоменко, А. В. Чет</i>	39
	Зарубежные коллеги	42
	Охрана труда	
	Оцінка економічної складової ефективності працезохоронних заходів у зварювальному виробництві. <i>О. Г. Левченко, Ю. О. Полукаров</i>	43
	Выставки и конференции	45



ВНИМАНИЕ!

Продолжается **ПОДПИСКА-2014**
на журналы «Сварщик»
и «Все для сварки. Торговый Ряд».

Подписные индексы: «Сварщик» — **22405**; «Все для сварки. Торговый Ряд» — **94640** в каталоге «Укрпошта».

Новини техніки й технологій	4
Виробничий досвід	
• Різакі серії SR для переносних і шарнірних газорізальних машин. <i>В. М. Литвинов, Ю. Н. Лисенко, С. А. Чумак, С. Л. Зеленський, В. А. Белінський, С. Л. Василенко, Т. Б. Золотопупова, Т. В. Литвинова</i>	6
• Досвід створення й освоєння станів аргонодугової зварювання тонкостінних труб у Росії й за рубежом. <i>В. А. Васильєв, Е. М. Донської, В. Е. Кудряшов, В. М. Тюшевський</i>	11
Наші консультації	16
Технології й устаткування	
• Основи розробки технології зварювання плавленням. 2. Прийоми зварювання. <i>Г. І. Лашченко</i>	20
• Методика оцінки утомленості довговічності багатощарового наплавленого металу. <i>І. О. Рябцев, І. К. Сенченков, І. І. Рябцев, А. А. Бабинець</i>	26
• Особливості зварювання алюмінієвих сплавів лазерним, мікроплазмовим і гібридним способами. <i>В. Д. Шелягін, В. Ю. Хаскін, А. А. Чайка, О. В. Доляновська, А. М. Оришич, А. Г. Маліков</i>	30
• Імпульсно-плазмові модифікування робочої поверхні інструмента зі швидкорізальної сталі. <i>Ю. М. Тюрін, Л. І. Маркашова, О. В. Колісниченко, І. В. Дуда, М. Л. Валевиц, Д. Г. Богачов</i>	36
• Вплив виду матеріалу й технології розпилення на будову плазмового струменя й величину його тиску на підложку. <i>О. Г. Биковський, А. Н. Лаптева, А. В. Фоменко, А. В. Чечет</i>	39
Зарубіжні колеги	42
Охорона праці	
• Оцінка економічної складової ефективності працезахоронних заходів у зварювальному виробництві. <i>О. Г. Левченко, Ю. О. Полукаров</i>	43
Виставки й конференції	45

CONTENT

News of engineering and technologies	4
Production experience	
• The cutting torches of a series SR for portable and sphere gas-cutting machines. <i>V. M. Litvinov, Yu. N. Lisenko, S. A. Chumak, S. L. Zelenskiy, V. A. Belinskiy, S. L. Vasilenko, T. B. Zolotopupova, T. V. Litvinova</i>	6
• Experience of creation and development argon-arc welding mill of thin-walled pipes in Russia and abroad. <i>V. A. Vasil'ev, E. M. Donskoy, V. E. Kudryashov, V. M. Tyushevskiy</i>	11
Our consultations	16
Technologies and equipment	
• Bases of development of technology of fusion welding. 2. Receptions of welding. <i>G. I. Lashchenko</i>	20
• Technique of an estimation fatigue life multi-layer metal. <i>I. A. R'yabtsev, I. K. Senchenkov, I. I. R'yabtsev, A. A. Babinets</i>	26
• Features of welding of aluminium alloys by laser, microplasma and hybrid ways. <i>V. D. Shel'agin, V. Yu. Haskin, A. A. Cha'ika, O. V. Dolyanovskaya, A. M. Orishich, A. G. Malikov</i>	30
• Impulse-plasma modifying of a working surface of the tool from high-speed steel. <i>Yu. N. Tyurin, L. I. Markashova, O. V. Kolisnichenko, I. V. Duda, M. L. Valevich, D. G. Bogachev</i>	36
• Influence of a kind of a material and technology of dispersion on a structure of a plasma jet and size of its pressure on a substrate. <i>O. G. Bikovskiy, A. N. Lapteva, A. V. Fomenko, A. V. Chechet</i>	39
The foreign colleagues	42
• Labour protection	
• Estimation of economic making efficiency of labour protection measures in welding manufacture. <i>O. G. Levchenko, Yu. O. Polukarov</i>	43
• Exhibitions and conferences	45

Свидетельство о регистрации №13094-1978 Пр от 27.08.07

Учредители

Институт электросварки
им. Е. О. Патона НАН
Украины, Общество с
ограниченной ответственностью
«Экотехнология»

Издатель

ООО «Экотехнология»

Издание журнала поддерживают

Общество сварщиков Украины,
Национальный технический
университет Украины «КПИ»

Журнал издается
при содействии UNIDO

Главный редактор

Б. В. Юрлов

Зам. главного редактораЕ. К. Доброхотова,
В. Г. Абрамишвили**Редакционная коллегия**

Ю. К. Бондаренко, Ю. В. Демченко,
В. М. Илюшенко, А. А. Кайдалов,
Г. И. Лашченко, О. Г. Левченко,
П. П. Проценко, И. А. Рябцев

Редакционный совет

В. Г. Фартушный (председатель),
Н. В. Высоколян, Н. М. Кононов,
П. А. Косенко, В. Т. Котик,
М. А. Лактионов, Я. И. Микитин,
Г. В. Павленко, В. Н. Проскудин,
К. П. Шаповалов

Редактор

А. Л. Берзина

Маркетинг и реклама

Т. И. Коваленко

Верстка

В. П. Семенов

Адрес редакции

03150 Киев, ул. Горького, 62Б

Телефон

+380 44 200 5361

Тел./факс

+380 44 200 8018, 200 8014

E-mail

welder@welder.kiev.ua,
welder.kiev@gmail.com

URL

http://www.welder.kiev.ua/

Представительство в Беларуси

Минск, УП «Белгазпромдиагностика»
А. Г. Стешиц
+375 17 210 2448, ф. 205 0868

Представительство в России

Москва, ООО «Центр трансфера технологий» ИЭС им. Е. О. Патона
В. В. Сипко
+7 499 922 6986
e-mail: ctt94@mail.ru

Представительство в Латвии

Рига, Ирина Бойко
+371 2 603 7158, 6 708 9701 (ф.)
e-mail: irinaboyko@inbox.lv

Представительство в Литве

Вильнюс, Вячеслав Арончик
+370 6 999 9844
e-mail: info@amatu.lt

Представительство в Болгарии

София, Стоян Томанов
+359 2 953 0841, 954 9451 (ф.)
e-mail: evertood@mail.bg
ООД «Еверт-КТМ»

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» обязательна.

Подписано в печать 10.06.2014. Формат 60×84 1/8.

Печать офсетная. Бумага офсетная.

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

Зак. № 6381 от 12.02.2014. Тираж 3000 экз.

Печать: ООО «Полиграфический центр «Принт 24», 2014. Киев, ул. Шахтерская, 9. Тел./ф. (044) 591 1012, 591 1013.

© ООО «Экотехнология», 2014

Резаки серии SR для переносных и шарнирных газорезательных машин



В. М. Литвинов, Ю. Н. Лысенко, С. А. Чумак, С. Л. Зеленский, В. А. Белинский, С. Л. Василенко, Т. Б. Золотопупова, Т. В. Литвинова

Описан разработанный авторами газокислородный резак РГКМ-1-SR для переносных и шарнирных машин, позволяющий повысить качество поверхности реза и улучшить технико-экономические показатели процесса резки. Приведены основные конструктивные отличия резака, его характеристики, результаты промышленных испытаний.

Основы разработки технологии сварки плавлением. 2. Приемы сварки

Г. И. Лащенко

Приведены приемы, используемые для улучшения формирования и качества швов. Приемы систематизированы по способу сварки и достигаемому эффекту. Рассмотрены параметры режимов процесса при дуговой, лазерной, газовой и электронно-лучевой сварке для приемлемого формирования швов.

Методика оценки усталостной долговечности многослойного наплавленного металла

И. А. Рябцев, И. К. Сенченков, И. И. Рябцев, А. А. Бабинец

Описана методика испытаний, конструкции и технологии изготовления многослойных наплавленных образцов для исследования их усталостной долговечности при циклической механической нагрузке. Методика должна дать возможность проводить сравнительные исследования усталостной долговечности наплавленных образцов в зависимости от химического состава наплавленных слоев (подслоя и износостойкого слоя), их геометрических размеров, технологии и техники наплавки.

Особенности сварки алюминиевых сплавов лазерным, микроплазменным и гибридным способами

В. Д. Шелягин, В. Ю. Хаскин, А. А. Чайка, О. В. Доляновская, А. М. Оришич, А. Г. Маликов

Показана актуальность применения лазерного, микроплазменного и гибридного лазерно-микроплазменного способов сварки. Рассмотрены технологические схемы проведения лазерной и лазерно-микроплазменной сварки, результаты выполненных экспериментов. Приведены данные сравнения технологических особенностей трех рассматриваемых способов получения стыковых и торцевых соединений

Импульсно-плазменное модифицирование рабочей поверхности инструмента из быстрорежущей стали

Ю. Н. Тюрин, Л. И. Маркашова, О. В. Колісниченко, И. В. Дуда, М. Л. Валевич, Д. Г. Богачев

Описан разработанный в ИЭС им. Е. О. Патона комплекс оборудования для импульсно-плазменной обработки рабочих поверхностей деталей машин и инструмента. Рассмотрен принцип работы генератора плазмы, основанный на разряде индуктивно-емкостного накопителя энергии через продукты детонационного сгорания горючих газовых смесей в коаксиальном межэлектродном зазоре плазматрона. Приведены результаты исследования структуры и свойств поверхностного слоя на образцах из быстрорежущей стали Р6М5, подвергнутых закалке и отпуску.

Різакі серії SR для переносних і шарнірних газорізальних машин



В. М. Литвинов, Ю. Н. Лысенко, С. А. Чумак, С. Л. Зеленский, В. А. Белинский, С. Л. Василенко, Т. Б. Золотопупова, Т. В. Литвинова

Описано розроблений авторами газокисневий різак РГКМ-1-SR для переносних і шарнірних машин, що дозволяє підвищити якість поверхні різі й поліпшити техніко-економічні показники процесу різання. Наведено основні конструктивні відмінності різака, його характеристики, результати промислових випробувань.

Основы розробки технології зварювання плавленням. 2. Прийоми зварювання

Г. І. Лащенко

Наведено прийоми, використовувані для поліпшення формування і якості швів. Прийоми систематизовані за способом зварювання й ефектом, що досягається. Розглянуто параметри режимів процесу при дуговому, лазерному, газовому й електронно-променевому зварюванні для прийняттого формування швів

Методика оцінки утомленосної довговічності багат шарового наплавленого металу

І. О. Рябцев, І. К. Сенченков, І. І. Рябцев, А. А. Бабинець

Описано методику випробувань, конструкції й технології виготовлення багат шарових наплавлених зразків для дослідження їхньої утомленосної довговічності при циклічному механічному навантаженні. Методика повинна дати можливість проводити порівняльні дослідження утомленосної довговічності наплавлених зразків залежно від хімічного складу наплавлених шарів, їхніх геометричних розмірів, технології й техніки наплавлення.

Особливості зварювання алюмінієвих сплавів лазерним, мікроплазмовим і гібридним способами

В. Д. Шелягін, В. Ю. Хаскін, А. А. Чайка, О. В. Доляновська, А. М. Оришич, А. Г. Маліков

У статті показана актуальність застосування лазерного, мікроплазмового й гібридного лазерно-микроплазмового способів зварювання. Розглянуто технологічні схеми проведення лазерного й лазерно-микроплазмового зварювання, результати проведені відповідні експерименти. За результатами експериментів виконане порівняння технологічних особливостей трьох розглянутих способів одержання стыкових і торцевих з'єднань.

Импульсно-плазмовое модифікування робочої поверхні інструмента зі швидкорізальної сталі

Ю. М. Тюрін, Л. І. Маркашова, О. В. Колісниченко, І. В. Дуда, М. Л. Валевич, Д. Г. Богачов

Описано розроблений в ІЕЗ ім. Е. О. Патона комплекс устаткування для імпульсно-плазмової обробки робочих поверхонь деталей машин і інструмента. Розглянуто принцип роботи генератора плазми, заснований на розряді індуктивно-емнісного накопичувача енергії через продукти детонаційного згоряння горючих газових сумішей у коаксиальному міжелектродному зазорі плазматрона. Наведено результати дослідження структури й властивостей поверхневого шару на зразках зі швидкорізальної сталі Р6М5, підданих загартуванню й відпуску.

Аппарат Powermax125 для плазменной резки

Powermax125 представляет собой мощную и эффективную систему воздушно-плазменной резки. Система обеспечивает резку металлов толщиной до 57 мм со скоростью 125 мм/мин. 100 %-ный рабочий цикл и надежность системы Powermax позволяют выполнять сложные задачи по резке и строжке (скорость съема металла 12,52 кг/ч, профиль кромки 4,3–7,9 мм (Г) × 6,1–9,9 мм (Ш)).



Таблица 1. Производительность резки в зависимости от толщины материала и скорости резки

Производительность	Толщина, мм	Скорость резки, мм/мин
Рекомендуемая	38	457
Предельная (ручная резка)	44	250
	57	125
Прожог*	25	

* Номинальная толщина прожога для ручной резки или при использовании автоматической системы регулировки высоты резака.

В комплект системы входят новые резаки Dugmax Nuamp различной конфигурации. Благодаря этому систему можно использовать при ручной резке, автоматической резке в портативном варианте, резке с использованием координатного стола, а также роботизированной резке и строжке. Технология Smart Sense™ автоматически корректирует давление газа в зависимости от режима резки и длины провода резака. Она также определяет окончание срока службы электрода, автоматически отключая питание резака во избежание возможного повреждения других дета-

Таблица 2. Производственная технологическая карта резки

Материал	Толщина, мм	Скорость резки, мм/мин
Низкоуглеродистая сталь	6	5960
	12	2510
	20	1140
	25	780
Нержавеющая сталь	6	7690
	8	5550
	12	2710
	20	1030
Алюминий	6	8560
	12	3070
	20	1500
	25	1050

Примечания. 1. Сила тока 125 А. 2. Данные о технологической скорости резки получены при тестировании в лаборатории компании Hypertherm. Технологические скорости составляют около 80% от максимальных значений. Для получения оптимального качества фактические значения скорости резки могут отличаться в зависимости от особенностей выполняемой резки.

лей или заготовки. В табл. 1 и 2 приведены технические данные и технология резки.

● #1409

Компания Svarcom (Киев)

В ОАО «БМК» освоена новая технология изготовления сварочной проволоки

На Белорезком металлургическом комбинате, входящем в Группу «Мечел», освоена технология изготовления нового вида продукции — сварочной проволоки марки Св-10Г1СН, позволяющей улучшить механические свойства сварного шва.

Технология производства проволоки Св-10Г1СН диаметрами 1,20 и 1,60 мм разработана специалистами ОАО «БМК» с учетом климатических особенностей эксплуатации в России и обеспечивает высокую ударную вязкость наплавленного металла при низких температурах до -60 °С. Механические свойства сварного шва, выполненного проволокой сплошного сечения Св-10Г1СН близки к свойствам сварного шва, выполненного порошковой проволокой POWER BRIDGE, но при этом издержки производства белорусской продукции ниже.

Новая сварочная проволока предназначена для сварки низколегированных конструкционных сталей в среде

защитных газовых смесей типа М21 (82 % Ar + 18 % CO₂) и в углекислом газе во всех пространственных положениях при монтаже и ремонте конструкций и оборудования, используемого в горнодобывающей, энергетической, строительной, нефтехимической и нефтеперерабатывающей отраслях промышленности. Проволока омедненная, светлая и со специальным покрытием. Для удобства потребителей сварочная проволока поставляется в кассетах типа К300 и D300 (массой 15–18 кг), К200 и D200 (массой 5 кг), а также в мотках массой до 80 кг.

Проволока Св-10Г1СН успешно прошла испытания на предприятиях группы «Мечел», работающих в условиях Крайнего Севера.

● #1410

www.rusmet.ru

Инверторный аппарат для ручной дуговой сварки Marrior 500i CC/CV

Новая разработка фирмы ESAB аппарат Marrior 500i CC/CV предназначен для механизированной сварки в среде защитных газов, сварки порошковой проволокой, ручной дуговой сварки покрытым электродом, аргонодуговой сварки, а также дуговой строжки. Аппарат экономичен, прост в использовании. Отличается высокой производительностью, обеспечивает ровную стабильную дугу. Совместим для работы с генератором. Для подачи проволоки используется четырехроликовый механизм.

Инвертор Marrior 500i CC/CV предназначен для MMA, MIG/MAG и TIG сварки, а также для воздушно-дуговой строжки.

Механизм подачи проволоки Marrior Feed 304 дает те же преимущества, что и источник Marrior: функциональность, прочность, долговечность и хорошие рабочие характеристики. Удобные в использовании средства управления механизмом (дистанционная регулировка напряжения, продувка газа, протяжка проволоки, скорость подачи проволоки, предохранитель спускового механизма и медленный запуск) упрощают процесс настройки. Солнцезащитный дисплей позволяет контролировать настройки аппарата при любой погоде и практически под любым углом.

● #1411

НТЦ «Промавтосварка» (Киев)



Техническая характеристика

Входное трехфазное напряжение (50/60 Гц), В	380
Сила тока при ПВ, А:	
100%	400
60%	500
КПД при максимальной силе тока, %	88
Коэффициент мощности при максимальной силе тока	0,92
Класс защиты корпуса	IP ₂₃
Масса, кг	52

Открытие AWL China

В апреле 2014 г. состоялось открытие компании AWL Automation Welding and Cutting Equipment (Wuxi) Co., Ltd. На состоявшейся церемонии открытия присутствовало свыше 100 приглашенных лиц. Им была предоставлена возможность лично посетить компанию и убедиться в высоких стандартах филиала AWL в китайском городе Уси.

Бранд ван хэт Хов, технический директор AWL-Techniek рассказывает: «Открытие AWL China стало еще одним важным шагом в поддержании нашими клиентами первенства в сфере автоматических сварочных процессов. Сейчас, когда все большее количество автомобилей производится на единых производственных платформах, мы сможем в полной мере удовлетворять все пожелания наших заказчиков на всей территории северного полушария».

Торжественное открытие началось с официальной встречи представителей государственных структур Китая и Нидерландов с членами совета директоров AWL. Гостям была предоставлена возможность ознакомиться с выставленными в цехах

демонстрационными образцами компаний ABB, Fanuc и Trumpf.

Г-н Жанки Гуо, генеральный директор AWL China резюмирует: «Открытие филиала явилось огромным успехом. Наши клиенты, поставщики, партнеры, коллеги и акционеры смогли увидеть то, что мы реализовали в Китае: компанию AWL с таким же «набором ДНК», ценностей и ориентиров. В центре нашего внимания — качество, надежность, оперативность и гарантия своевременного и в рамках оговоренного бюджета удовлетворения всех пожеланий заказчика. Благодаря нашему заинтересованному в деле и увлеченному персоналу, а также поддержке наших европейских коллег мы сможем расти и вносить собственный вклад в реализацию общей корпоративной стратегии».

Китайский филиал AWL расположился на 2500 кв. м и оснащен всем необходимым для реализации проектов с высоким уровнем сложности. Команда китайского филиала способна оказывать поддержку таким проектам, начиная с фазы строительства до передачи оборудования и послепродажного обслуживания.

Резаки серии SR для переносных и шарнирных газорезательных машин

В. М. Литвинов, Ю. Н. Лысенко, С. А. Чумак, ООО «НИИПТмаш-Опытный завод», С. Л. Зеленский, В. А. Белинский, С. Л. Василенко, Т. Б. Золотопупова, ПАО «НКМЗ», Т. В. Литвинова, ДГМА (Краматорск)

В настоящее время на ПАО «НКМЗ» для резки листового металлопроката широко используют машины газокислородной резки с числовым программным управлением, которые полностью обеспечивают потребности завода. Однако для фигурной вырезки малых партий деталей небольших размеров используют шарнирные машины АСП-70 с магнитоконтрольным устройством для кислородной резки. Для прямой резки листа и для снятия фасок под сварку как на раскройных столах, так и на монтажной площадке используют пятнадцать переносных машин типа «Радуга». Все это оборудование укомплектовано машинными газокислородными резаками типа РМ-2 или более поздними их вариантами, которые по своим техническим характеристикам и габаритным размерам аналогичны.

Для подготовки кромок под сварку вертикальных швов и для подгонки деталей при монтаже используют переносные газорезающие полуавтоматы ЦИС-1148 для работы во всех пространственных положениях. Эти машины перемещаются вдоль обрабатываемой кромки по гибкой направляющей, которая крепится к корпусной конструкции на постоянных магнитах.

С точки зрения качества поверхности реза резаки РМ-2 и их аналоги имеют следующие недостатки:

1. Мощный факел подогревающего пламени, оптимальный для толщины листа 100 мм, но явно избыточный для листа толщиной 10 или 20 мм.

2. Пламя науглероживающее с избытком горючего газа, поэтому температура по длине его факела низкая. Участок с температурой выше 2000 °С короткий.

3. Большое пятно нагрева листа.

4. Лист в струе кислорода долго нагревается до температуры воспламенения.

5. В диапазоне толщин 5–100 мм резак имеет всего три сменных внутренних мундштука, поэтому необходимое для данной толщины листа количество режущего кислорода обеспечивается повышением его давления.

Поверхность реза, выполненная резаками РМ-2, имеет следующие признаки:

- ◆ повышенную ширину реза и большую зону термического влияния вследствие большого пятна нагрева;
- ◆ повышенное оплавление верхней кромки реза на листах малых толщин вследствие использования факела большей мощности, чем нужно;
- ◆ ширина реза на нижней кромке листа больше, чем ширина реза на верхней кромке листа. Это объясняется тем, что давление на входе в режущий канал внутреннего мундштука значительно выше критического давления и угол раскрытия режущей струи кислорода значительный.

Авторским коллективом настоящей статьи был разработан газокислородный резак РГКМ-1-SR для переносных и шарнирных машин, позволяющий повысить качество поверхности реза и улучшить технико-экономические показатели процесса резки. Были также проведены масштабные эксперименты в цехах металлоконструкций ПАО «НКМЗ» по определению преимуществ данного резака по сравнению с использовавшимся ранее резаком РМ-2.

Основные конструктивные отличия резака РГКМ-1-SR от использовавшегося ранее резака РМ-2 сосредоточены во внутреннем мундштуке 1 и наружном мундштуке 2 (рис. 1). Остальные детали этих резаков взаимозаменяемы.

В резаке РМ-2 рабочая полость между внутренним и наружным мундштуками разбита на два участка: коллектор, в котором поток газовой смеси равномерно перераспределяется по окружности коаксиально каналу для режущего кислорода, и выходные каналы (кольцевая щель или отверстия различной конфигурации), расположенные вокруг канала для режущего кислорода, в которых поток газокислородной смеси разгоняется до скорости, близкой к скорости горения этой смеси. Разогнать

поток до более высоких скоростей не представляется возможным, так как нарушается главное условие стабильной работы резака РМ-2: скорость истечения горючей смеси должна быть близка к скорости ее горения, иначе пламя оторвет от резака.

В резаке РГКМ-1-SR рабочая полость между внутренним и наружным мундштуками разбита на четыре участка:

1-й — коллектор, в котором поток газовой смеси равномерно перераспределяется по окружности, в центре которой находится канал для режущего кислорода;

2-й — разгонный участок с коаксиально расположенными шлицами, в которых поток газокислородной смеси разгоняется до скорости, значительно превышающей скорость горения этой смеси;

3-й — участок в виде радиальной кольцевой щели, которую центральная часть выходящих из шлицевых каналов струй «проскакивает», сохраняя свою высокую скорость, а периферийная часть этих струй тормозится до скорости, близкой к скорости горения газокислородной смеси;

4-й — участок с конически сужающимся кольцевым выходным каналом, который собирает расположенные через один потоки с высокой и низкой скоростью и фокусирует их в одной точке вне резака.

Благодаря такому техническому решению резак РГКМ-1-SR работает стабильно, а его факел имеет высокую температуру на большей части своей длины (рис. 2).

Техническое решение, использованное в резаке РГКМ-1-SR, защищено Патентом Украины № 29654 от 25.01.2008 г. Кл. В23 К 7/00, F23D 14/02.

Еще одна особенность резака РГКМ-1-SR заключается в том, что весь диапазон разрежаемых толщин листа от 3 до 100 мм разбит на восемь участков, для каждого из которых рассчитана своя система сопел, как показано на рис. 3, в.

Каждая из восьми систем сопел имеет свою оптимальную мощность пламени, давление кислорода для всех сопел одинаковое, близкое к критическому, т. е. поток режущей струи разгоняется до скорости звука без значительного расширения этого потока.

На рис. 3, а приведены зависимости разрежения в канале горючего газа резака РГКМ-1-SR от давления подогревающего кислорода, из которых видно, что все сопла

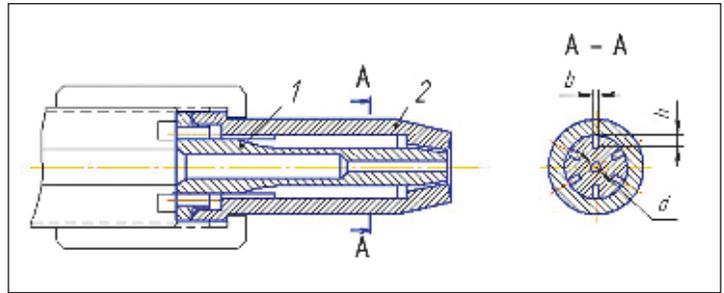


Рис. 1. Газокислородный резак РГКМ-1-SR

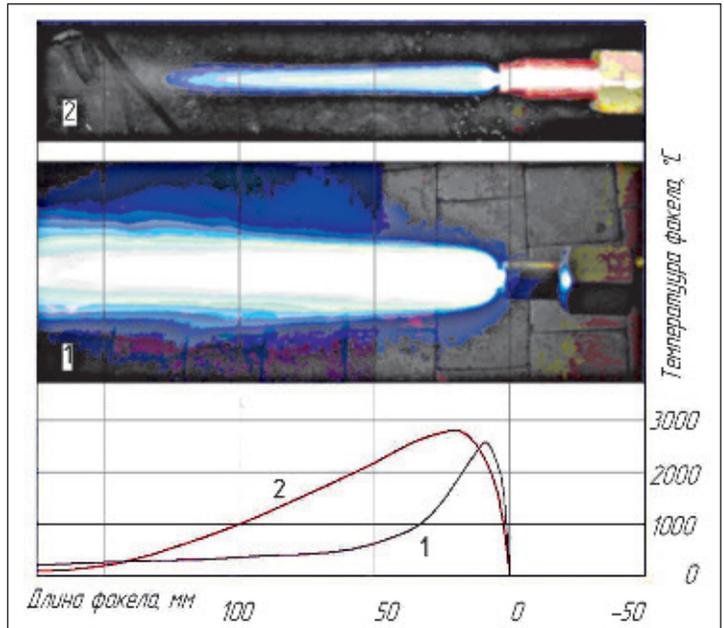


Рис. 2. Внешний вид факела резака в одном масштабе: 1 — резак РМ-2; 2 — резак РГКМ-1-SR. Внизу — графики распределения температуры по длине факела обоих резаков

обеспечивают инжекцию резака в безопасном интервале. Показаны также зависимости падения разрежения для различных сопел этого резака от давления подогревающего кислорода (3, б), из которых видно, что горючая смесь разгоняется в мундштуках до значительных величин.

Эффективность подогревающего пламени резака РМ-2 и резака РГКМ-1-SR сравнивали по времени нагрева эталонного образца (лист 4×300×500) до температуры 800 °С и по размеру пятна нагрева при достижении этой температуры с обратной стороны листа.

Для проведения экспериментов в ЦЗЛ завода был собран стенд. Результаты экспериментов представлены в номограммах (рис. 4).

Опытно-промышленные испытания резаков РГКМ-1-SR и РМ-2 на шарнирных машинах с магнитокопировальным устройством для кислородной резки АСШ-70 (рис. 5) и переносной полуавтоматической машине «Радуга» (рис. 6, 7) в цехах завода подтвердили результаты экспериментов и позволили сделать следующие выводы:

- ◆ уменьшились ширина реза и зона термического влияния вследствие уменьшения пятна нагрева;

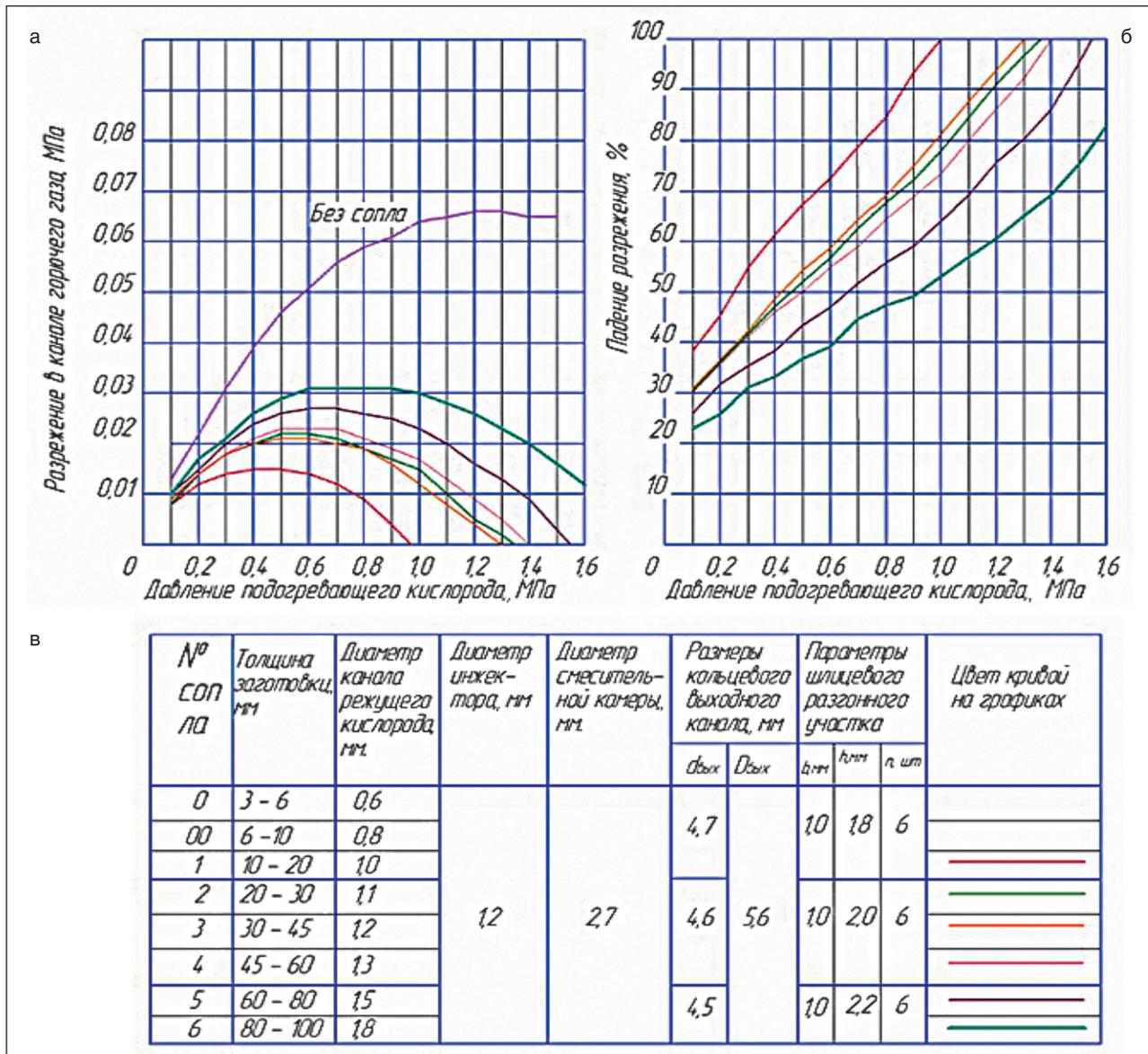


Рис. 3. Резак РГКМ-1-SR: а — зависимость разрежения в газовом канале от давления подогревающего кислорода для различных сопел; б — зависимость падения разрежения от давления подогревающего кислорода для различных сопел; в — параметры сменных сопел резака

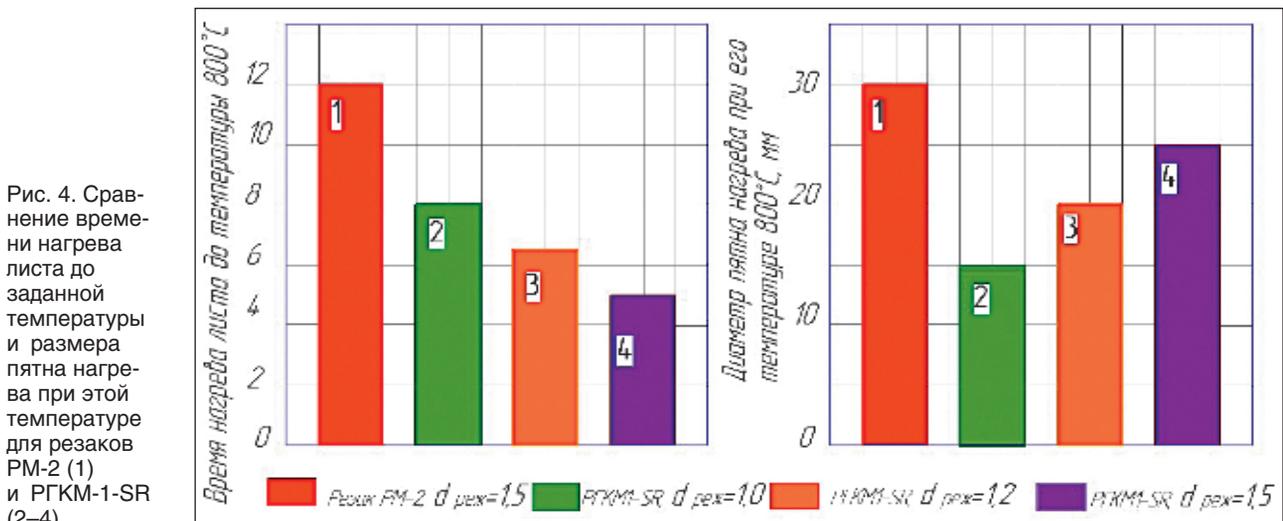


Рис. 4. Сравнение времени нагрева листа до заданной температуры и размера пятна нагрева при этой температуре для резачек РМ-2 (1) и РГКМ-1-SR (2-4)

- ◆ уменьшилось оплавление верхней кромки реза на листах всех толщин;
- ◆ ширина реза на нижней кромке равна ширине реза на верхней кромке.

На рис. 5 хорошо видно, что пятно нагрева у резака РГКМ-1-SR в несколько раз меньше, чем у резака РМ-2, корона отраженного пламени меньше, пятно нагрева ярче, удаляемый из полости реза шлак имеет более высокую температуру, так как он ярче. Цвета побежалости на нижней поверхности вырезанной детали имеют незначительную ширину, что говорит о малом участке зоны термического влияния.

В цехе на специальном стенде с помощью резака РГКМ-1-SR выполнили V-образную разделку кромок под сварку (рис. 6) и X-образную разделку кромок под сварку (рис. 7).

Для снятия фасок под сварку при перемещении горизонтально ориентированного газокислородного резака сверху вниз или наоборот используют переносные газорезающие аппараты ЦИС-1148 для обрезки припусков и скоса кромок под сварку во всех пространственных положениях плоских и прямолинейных конструкций. Однако применять их без последующей модернизации для резки листов толщиной более 60 мм не представляется возможным по следующим причинам:

- ◆ машины укомплектованы резаками с максимальной разрезаемой толщиной листа 60 мм, что гораздо меньше необходимой толщины 100 мм;
- ◆ при увеличении мощности резака для изменения разрезаемой толщины с 60 мм до 100 мм происходит нагрев ходовой тележки машины.

Авторским коллективом был разработан машинный резак РГКМ-2-SR, согласованный с машиной ЦИС-1148, испытания которого выявили следующие преимущества:

- ◆ высокую точность установки резака в машине, ось режущей струи кислорода строго совпадает с осью корпуса резака;
- ◆ высокую чистоту поверхности реза при резке во всем диапазоне толщин заготовки, указанном в паспорте резака;



Рис. 5. Одновременная вырезка деталей из листа толщиной 16 мм. Резак РМ-2 установлен на штанге машины АСШ-70 слева, резак РГКМ-1-SR — справа: а — факелы сравниваемых резаков; б — врезание; в — резка; г — вырезанные детали

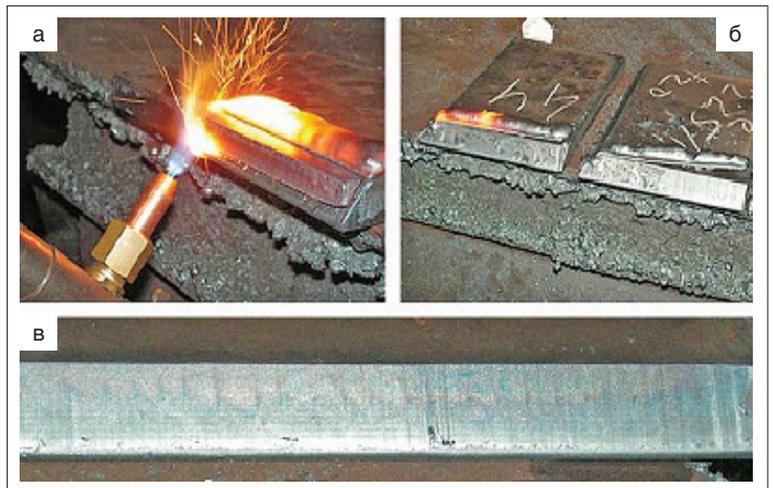


Рис. 6. Односторонняя подготовка кромок под сварку листа толщиной 30 мм с помощью резака РГКМ-1-SR на переносной машине «Радуга» (а), поверхность реза (б, в).

Таблица. Характеристика резаков ЦИС Лилипут и РГКМ-2-SR для подготовки кромок под сварку

Параметр	Резак для вертикальной резки	
	ЦИС Лилипут (Halle)	РГКМ-2-SR (Краматорск)
Толщина разрезаемого металла, мм	5–60	5–60–100
Род горючего газа	Природный газ	Природный газ
Давление, МПа: кислорода горючего газа	0,8 0,08	0,6 0,06
Расход, м ³ /ч: кислорода горючего газа	2,3–9,2 0,78–1,1	2,1–8,3–14,3 0,7–1,0–1,3
Скорость резки вертикальных резов, мм/мин	480–220	540–250–200

♦ высокую скорость резки при сопоставимом расходе энергоносителей по отношению к справочным данным.

Головка резака с мундштуками и задний коллектор с инжектором, смесительной камерой и присоединительными штуцерами выполнены в одном корпусе без присоединительных труб. Почти полностью отсутствуют паяные соединения. Массивный корпус хорошо отводит теплоту. Резак долговечен. Удачным является исполнение инжектора, который совмещен со штуцером для подвода подогревающего кислорода.

Сравнительные испытания различных резаков в лабораторных условиях и отработка режимов позволили выявить оптимальные характеристики резаков (таблица).

Промышленные испытания резака РГКМ-2-SR для вертикальной резки были проведены на монтажной площадке механосборочного цеха при снятии фасок под сварку секций центрального конического барабана шахтоподъемной машины (рис. 8). Толщина листа в месте реза 40 мм.

Внедрение резака РГКМ-2-SR для вертикальной резки расширило диапазон обрабатываемых толщин листа переносными машинами ЦИС-1148 с 60 до 100 мм.

Внедрение модернизированной машины ЦИС-1148 с резаком РГКМ-2-SR повысило надежность вертикальной кислородной резки при снятии фасок под сварку и ее производительность.

Получаемое с применением нового оборудования качество поверхности реза позволяет работать на нулевых припусках и в некоторых случаях обходиться без последующей механической обработки поверхности реза перед сваркой.

● #1413



Рис. 7. Двусторонняя подготовка кромок под сварку листа толщиной 40 мм с помощью резака РГКМ-1-SR на переносной машине «Радуга» (а–в), поверхность реза (г)



Рис. 8. Разделка кромок под сварку секций барабана шахтоподъемной машины на монтажной площадке с помощью резака РГКМ-2-SR: а — барабан, подготовленный к резке, б — резка; в — поверхность реза

Опыт создания и освоения станов аргонодуговой сварки тонкостенных труб в России и за рубежом

В. А. Васильев, Е. М. Донской, В. Е. Кудряшов, В. М. Тюшевский,
Институт «Гипроцветметобработка» (Москва)

Для получения тонкостенных и особо тонкостенных труб из меди и ее сплавов диаметром 3–16 мм с толщиной стенки 0,2–0,7 мм из сварной заготовки разработаны высокоэффективное оборудование и технология. Такие трубы широко используют в радиотехнике, электронной промышленности, приборостроении, машиностроении, теплоэнергетике и в других отраслях промышленности.

Трубы по новой технологии изготавливают на двухниточном стане аргонодуговой сварки. После проведения его расширенных испытаний разработана базовая модель одниточного стана АДСТ 5...25-1 (рис. 1).

Изготовление сварной трубной заготовки на стане выполняют последовательно при следующих операциях:

- ◆ размотка рулона ленточной заготовки;
- ◆ обрезка переднего и заднего концов рулона (рис. 2);
- ◆ стыковка концов рулонов друг с другом и их поперечная сварка (рис. 2);
- ◆ обрезка кромок по длине рулона с последующей их рубкой (при необходимости);

- ◆ непрерывная формовка ленты в трубную заготовку заданного диаметра (рис. 3);
- ◆ сварка кромок сформированной заготовки электрической дугой в среде защитного газа аргона с получением непрерывного продольного шва (рис. 3);
- ◆ охлаждение сварной трубной заготовки;
- ◆ транспортировка трубной заготовки;
- ◆ неразрушающие испытания сварного шва токовихревым способом;
- ◆ свертка трубной заготовки в бухту с заданным диаметром витка (рис. 4);
- ◆ обрезка конца полученной бухты (рис. 4).

Относительно высокая скорость сварки и стабильное по всей длине бухты качество сварного соединения в трубной заготовке обеспечивают за счет новых технологических решений, заложенных в оборудование стана и технологию аргонодуговой сварки.

Новые технические решения в области формовки ленты в трубу и в конструкции узлов стана модели АДСТ 5...25-1 обеспечивают устойчивое формообразование ленточной заготовки, что является одним из основных конструктивных и технологических преимуществ этого оборудования.

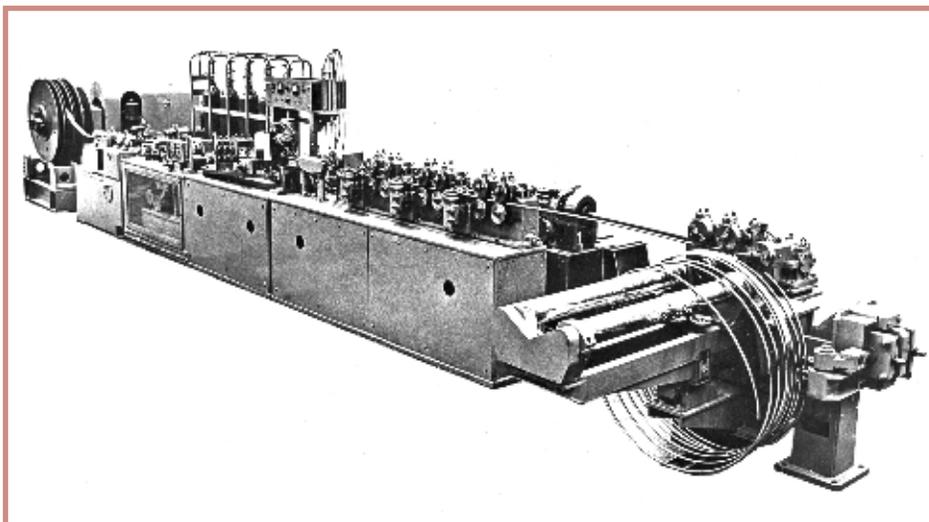


Рис. 1. Стан АДСТ 5...25-1

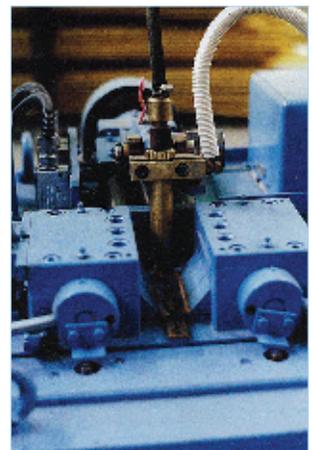


Рис. 2. Обрезка переднего и заднего концов рулона, стыковка и поперечная сварка концов

Техническая характеристика стана аргонодуговой сварки АДСТ 5...25-1М

Материал свариваемых труб: медь латунь	М1р, М2р, М3р Л63, Л68, Л80, Л96
Диаметр свариваемых труб, мм	5–25
Толщина свариваемой ленты, мм	0,4–1,2
Скорость сварки, м/мин	3–20
Основная скорость сварки, м/мин	6–15
Производительность стана для труб 12×0,8 при трехсменной работе, т/год	360
Диаметр бухт, мм	1500–1800
Масса бухты, кг	120
Масса оборудования стана, т	9,86
Габаритные размеры стана, м	10,0×4,0×2,0
Установленная мощность электроприводов, кВт	9,0
Расход воды, м ³ /ч	3,3
Расход сжатого воздуха, м ³ /ч	1,0
Расход аргона (защитного газа), л/мин	7,15

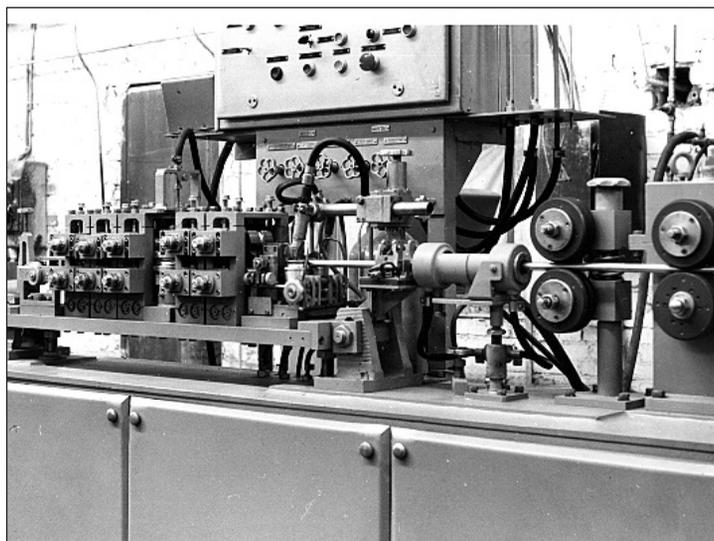


Рис. 3. Формовка ленты в трубную заготовку и сварка кромок



Рис. 4. Свертка трубной заготовки в бухту и обрезка ее конца

Методика расчета профиля формовочного инструмента составлена таким образом, чтобы условие устойчивости ленты выполнялось во всем диапазоне сортамента стана, а получаемые размеры трубы укладывались в требуемые жесткие допуски.

Трубосварочные станы АДСТ 5...25-1 и АДСТ 5...25-1М (рис. 5) обладают широкими конструктивными и технологическими возможностями и выпускаются в правом и левом исполнении, что обеспечивает удобство размещения оборудования и экономию производственных площадей, дает возможность одному оператору обслуживать два стана.

Трубную заготовку подвергают волочению (скорость волочения 10–600 м/мин и более) на барабанных станах с использованием матриц и оправок из твердого сплава и специальной технологической смазки. Институтом «Гипроцветметобработка» разработаны волочильные станы с диаметром барабана 2200 и 1250 мм.

Оптимальные режимы деформации, рациональный профиль инструмента и технологическая смазка обеспечивают волочение сварной заготовки, в том числе из латуни без промежуточных отжигов между проходами.

Калибровку труб по диаметру и толщине стенки, правку и резку на мерную длину осуществляют при высокой (60–120 м/мин) скорости на специализированных линиях для обработки труб в бухтах.

Готовые трубы, полученные по разработанной технологии, имеют высокую точность по стенке (отклонение от номинала 3–5%); по наружному и внутреннему диаметру (отклонение в пределах 0,02–0,03 мм); низкую шероховатость внутренней и наружной поверхности и стабильные по длине механические свойства.

Институт совместно с Экспериментальным заводом качественных сплавов (машиностроительная база в городе Мценске) поставил более десяти станов АДСТ 5...25-1 на отечественные заводы по обработке цветных металлов и другие предприятия. Успешное освоение оборудования и аргонодуговой сварки труб позволило институту выйти с технико-коммерческим предложением на поставку станов АДСТ 5...25-1 за рубеж.

Поскольку освоение станов АДСТ на заводах по обработке цветных металлов до-

статочно полно отражено в литературе, остановимся на опыте освоения станов за рубежом.

Первый контракт на поставку стана АДСТ 5...25-1 был заключен с медно-алюминиевым прокатным заводом «Слободан Пенезич Крцун» (Севойно, Югославия). По контракту были поставлены три стана и машина для заковки захваток.

Поставки станов аргонодуговой сварки труб продолжались. Стан АДСТ 5...25-1К (рис. 6) был поставлен совместно с Институтом цветных металлов (ВУК, Прага) на завод в городе Челаковице. Стан предназначен для автоматической сварки трубной заготовки в бухтах. Управление технологическим процессом осуществляли с помощью компьютера, получавшего оперативные данные о процессе сварки с датчиков и приборов, установленных на стане. Технические данные процесса сварки выводились на экран дисплея. Программное обеспечение, разработанное чешскими специалистами, существенно упростило условия работы оператора-сварщика, позволило обслуживать большее число станов и достигать максимальной производительности оборудования. Основную трудность в работе по созданию автоматизированного стана вызвало оснащение его контролирующими датчиками и приборами. Так, пришлось заменить инфракрасные пирометры из США, установленные чешскими исследователями, на наши оригинальные датчики теплового потока, устанавливаемые максимально близко к сварной трубе сразу после зоны сварки (зазор между датчиком и трубой 1 мм, регулируется дифференциальным винтовым механизмом). Изображение очага сварки выводили с помощью оптического устройства на экран дисплея. Скорость сварки и ее энергетические параметры (напряжение и ток дуги), расход аргона служили оперативными данными для сварщика. Но основополагающие требования ноу-хау, например состояние подаваемой на сварку ленты, остались теми же, и их нарушение не спасала никакая автоматизация.

Латунная лента поступила незадолго до испытаний стана. При осмотре ленты на одной ее стороне по всей длине были обнаружены следы поперечной коррозии. И, естественно, результат не замедлил сказать-

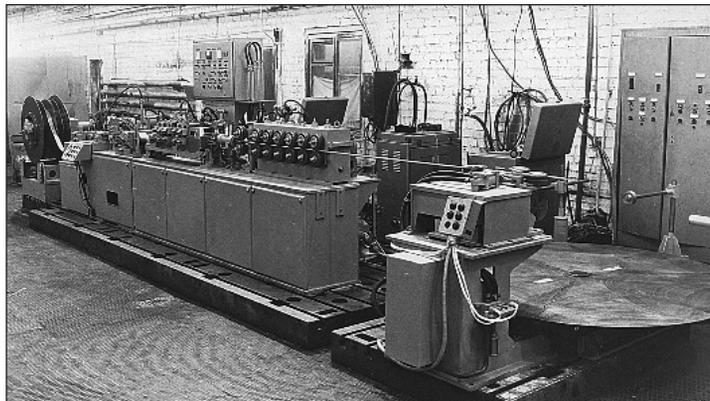


Рис. 5. Стан АДСТ 5...25-1М

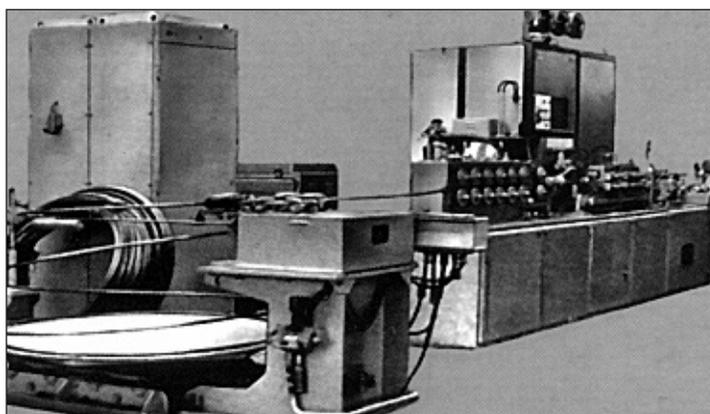


Рис. 6. Стан АДСТ 5...25-1К

ся — по всей длине сварного шва пошли прожоги. Мы перемотали рулоны другой стороной к сварочному электроду и на глазах комиссии сварили трубы без единого прожога при четкой работе автоматики.

Очередной стан АДСТ 5...25-1М (модернизированный) был поставлен на Лоянский медеобрабатывающий завод (Китай) вместе с документацией на новую технологию и заковочную машину. В этом случае все было по-другому. По условиям контракта приемку китайские специалисты проводили на производственной базе ЭЗКС в Мценске. Приехали на приемку семь человек, включая оператора-сварщика, исследователей, проектантов и главного инженера завода.

Специалистов обучали в течение месяца, при этом были сварены трубы от минимального диаметра 5 мм, среднего 15 мм до максимального 25 мм. Стан был поставлен на завод в Китай, запущен китайскими специалистами без вызова наших шеф-монтажников.

На Кольчугинском заводе ОЦМ проводили работы по освоению двух станов АДСТ 15...32, поставленных одним из предприятий черной металлургии. Однако устойчивой работы станов достигнуто не было. На заводе встал вопрос о демонтаже станов. Директор завода, зная о положительных результатах Института по освоению станов АДСТ 5...25-1, обратился с просьбой помочь в освоении этих двух станов и спасти их от демонтажа. Проанализировав работу

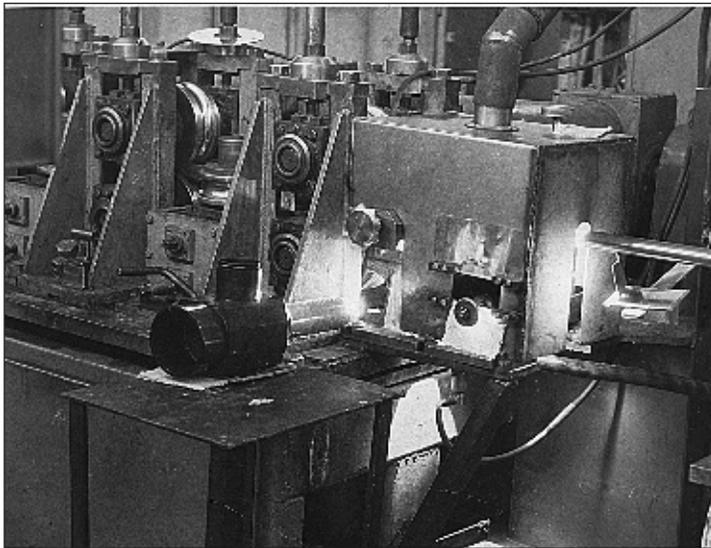


Рис. 7. Стан АДСТ 15...32. Отключение приводов калибрующих роликов и узел сварки

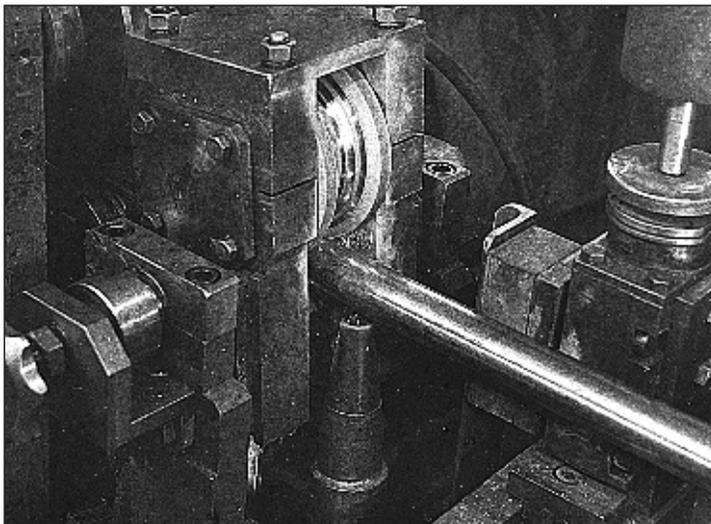


Рис. 8. Стан АДСТ 15...32 (№ 2). Перевод стана на «потолочную сварку» продольного шва

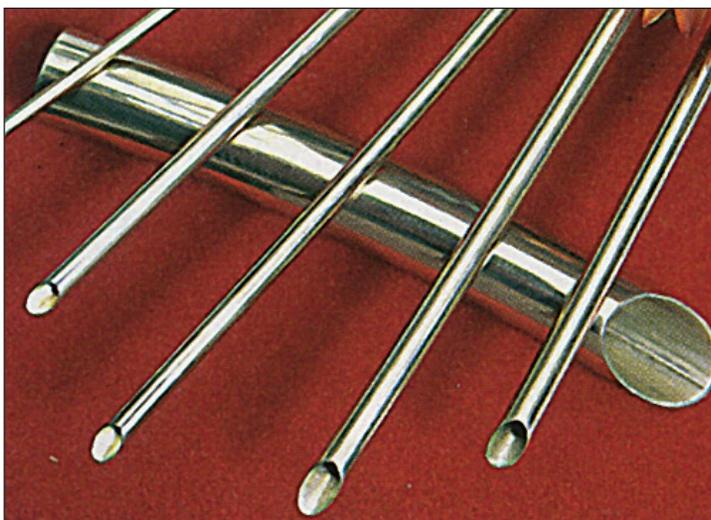


Рис. 9. Образцы сварных трубок диаметром от 5 до 25 мм

сварщиков, мы пришли к выводу, что конструкцию стана надо упростить, а именно:

- ◆ использовать схему транспортировки заготовки, приближающуюся к схеме наших станков, т.е. по возможности отключить приводы в калибрующих роликах (рис. 7);
- ◆ установить между сварочной и формующими клетями протяжную печь для нагрева кромок трубы перед сваркой. Это приводило к изменению положения кромок в зоне сварки, так как нельзя было удержать положение кромок друг относительно друга из-за большого расстояния от формовки до сварки (не менее 3 м). По этой причине печь необходимо было удалить;
- ◆ убрать маховики с восьми регулировочных винтов сварочной клетки, с помощью которых работники каждой смены, начиная работу, «регулировали» зону сварки кому как хотелось.

Эти замечания легли в основу договора по освоению двух станков АДСТ 15...32 (технологические работы выполнены Ю.К. Дозорцевым). Были решены вопросы подготовки поверхности ленты, ее резки на штрипсы, контроля процесса сварки трубной заготовки по ее температуре в зоне, противоположной сварному шву, волочения сварных труб, отжига, выравнивающего свойства и структуру сварного шва и основного металла.

Проведенный Институтом и Зааводом комплекс работ позволил сдать в эксплуатацию оба стана для производства латунных труб для теплообменных аппаратов по ГОСТ 21646–76 из трубной заготовки диаметром 32×1,2...1,5 мм, причем один из станков был переведен на способ «потолочной» сварки продольного шва (рис. 8).

Использование сварных труб (рис. 9) для дальнейшей обработки значительно снижает затраты энергии и материалоемкость по сравнению с традиционными способами производства тонкостенных труб, требующими проведения многократных промежуточных отжигов между операциями волочения. Преимущество аргонодуговой сварки заключается и в возможности сварки труб с толщиной стенки менее 1 мм без последующей операции удаления так называемых «выплесков» металла с поверхности трубы, которая необходима при индукционной сварке.

● #1414

- ▶ Сварочное оборудование и аксессуары
- ▶ Газовое оборудование для резки и сварки
- ▶ Средства индивидуальной защиты
- ▶ Средства технической химии
- ▶ Твердая и мягкая пайка
- ▶ Шлифовальные материалы
- ▶ Пилы и лентопильные станки
- ▶ Сварочное оборудование и подсобные комплектующие
- ▶ Сварочные материалы

Дистрибьюторы:

ООО «УКРНИХРОМ»
49070, г. Днепропетровск,
пр. Пушкина, 40 Б
тел./факс: +380 562 33-74-35
+380 56 372-70-25
www.ukrnichrom.com.ua

ПП «УКРГАЗСЕРВИС-
КОМПЛЕКС»
г. Киев, ул. Окружная, 10
тел. +380 44 222-72-95
+380 50 446-93-76
www.ugs.kiev.ua

ООО «ТДС»
03127, г. Киев,
пер. Коломиевский, 3/1
тел. +380 44 596-93-75
факс +380 44 596-93-70
welding@welding.kiev.ua

ООО «ЭКОТЕХНОЛОГИЯ»
03150, г. Киев, ул. Антоновича
(Горького), 62
тел./факс +380 44 200-80-56
sales@et.ua
www.et.ua

ООО ПНФ «ГАЛЭЛЕКТРОСЕРВИС»
79034, г. Львов, ул. Навроцкого, 10 А
тел. +380 32 239-29-15, 239-29-16
факс +380 32 239-29-17
ges@tsp.net.ua
www.ges.lviv.ua



«РИВАЛ-РХЦ» ул. Польна 140В,
87-100 Торунь, Польша,
т. +48 56 66-93-820
ф. +48 56 66-93-805
export@rywal.com.pl
www.rywal.eu

НАША ПРОДУКЦИЯ ПОД ТОРГОВЫМИ МАРКАМИ MOST™ И GOLD™ СЕРТИФИЦИРОВАНА УКРСЕПРО.

MTI МИГАТЕХ индустрия

ТЕХНОЛОГИИ СБЕРЕГАЮЩИЕ ЭНЕРГИЮ

Сварочные комплексы



044 360-25-21 044 500-58-59

www.migateh.com.ua г. Киев, ул.Алма-Атинская 2/1

Украина, 49083, г. Днепропетровск
пр. им. Газеты «Правда» 29, к. 603
т. (0562)347 009, (056)790 0133
тел./факс (056) 371 5242
E-mail: remmash_firm@ukr.net



**Разработка и
изготовление
оборудования**

для механизированной дуговой наплавки

PM-9 –
установка
автоматической
дуговой
наплавки
гребней
железнодорожных
колесных пар



PM-15 –
универсальная
установка
автоматической
дуговой наплавки
деталей горного
оборудования

ИЗРМ-5 –
универсальная
установка
автоматической
дуговой наплавки
малогабаритных
цилиндрических
деталей





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.

Расскажите, пожалуйста, о назначении поперечных колебаний электрода при сварке

И. В. Гордиенко (Киев)

В технике выполнения швов ручной и механизированной сваркой широко используют поперечные и продольные колебания электрода. Параметры колебаний (амплитуда, частота) и траектория движения электрода являются дополнительными параметрами режима сварки, позволяющими изменять тепловложение в основной металл, конфигурацию и размеры сварочной ванны. Колебания электрода используют при сварке швов в различных пространственных положениях, при сварке элементов с переменным зазором между ними и при наложении облицовочных швов. Поперечные ко-

лебания конца электрода при *ручной дуговой сварке* могут способствовать усилению прогрева свариваемых кромок (рис. 1, а–в); усиленному прогреву обеих свариваемых кромок (рис. 1, г–ж); усиленному прогреву одной кромки (рис. 1, з, и); прогреву корня шва (рис. 1, к).

При *механизированной сварке* трудно воспроизвести все варианты колебаний электрода, реализуемые при ручной дуговой сварке. Однако современные промышленные роботы позволяют выполнять колебания горелки практически по любой траектории (рис. 2).

На рис. 3 показано влияние амплитуды и частоты колебаний на формирование швов (глубину проплавления h , ширину шва b и высоту усиления c) при наплавке нержавеющей проволокой диаметром 2 мм под флюсом АН-26. Частоту колебаний электрода изменяли в пределах 30–100 колебаний в минуту, а амплитуду – 15–35 мм. С увеличением частоты колебаний глубина проплавления уменьшается (рис. 3, а), ширина шва незначительно увеличивается (рис. 3, б), а высота усиления шва уменьшается до определенного значения, а затем остается постоянной (рис. 3, в). Увеличение амплитуды колебаний электрода приводит к увеличению шага наплавки, уменьшению высоты усиления c и увеличению ширины шва h (рис. 3). Увеличение ширины шва объясняют уменьшением прослойки жидкого металла в сварочной ванне.

На рис. 4 показано влияние колебаний при автоматической

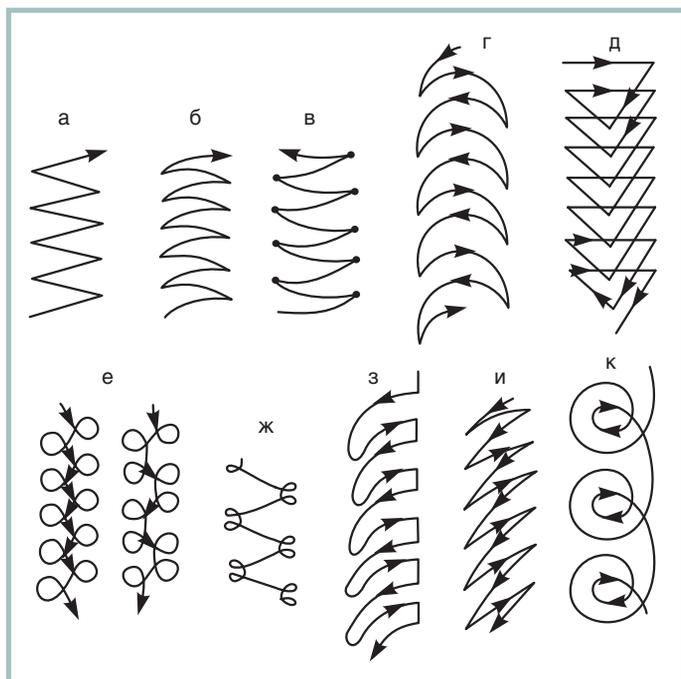


Рис. 1. Основные виды траекторий поперечных колебаний конца электрода при ручной дуговой сварке

Таблица. Режимы сварки под флюсом АН-348А с колебаниями электрода поперек шва

Толщина свариваемого металла, мм	Величина зазора между кромками, мм	Сила тока, А	Напряжение дуги, В	Амплитуда колебаний, мм	Частота колебаний, Гц	Скорость сварки, м/ч
8,0	1,0–1,5	900–950	40–42	4,0	15,0	80,0
12,0	2,0–3,0	1350–1400	40–42	5,0	12,0	70,0
20,0	3,0–4,0	1400–1450	40–42	8,0	8,0	50,0
30,0	5,0–6,0	1500–1550	40–42	11,0	6,0	30,0

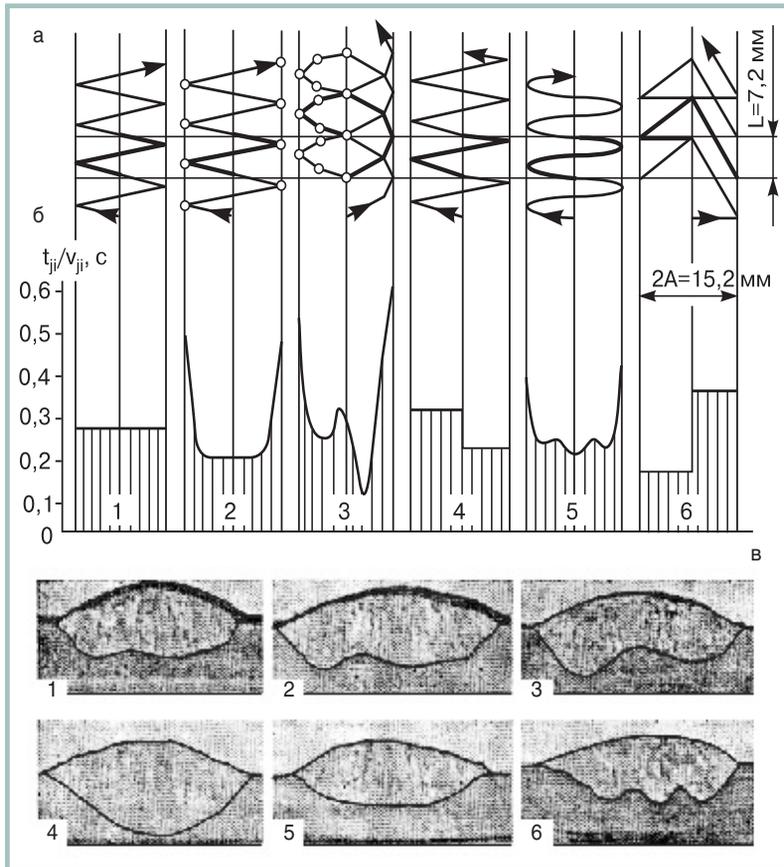


Рис. 2. Влияние траектории колебаний электрода на формирование швов при сварке в CO₂

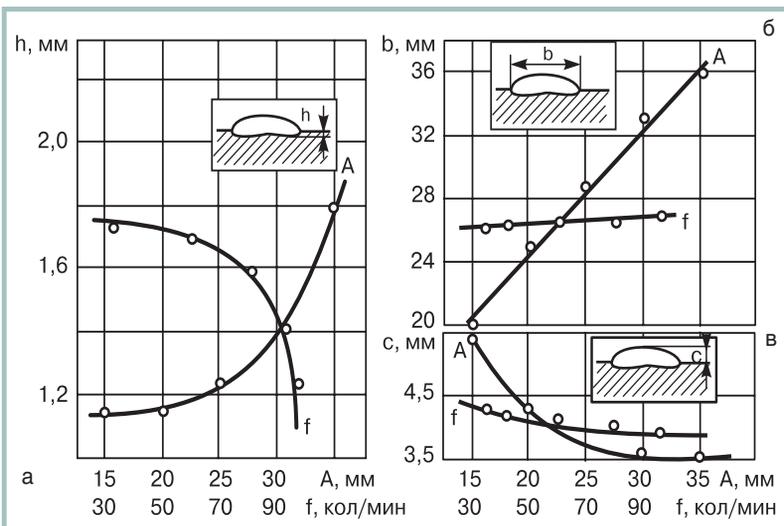


Рис. 3. Влияние амплитуды и частоты колебаний на глубину проплавления (а); на ширину шва (б); на высоту шва (в)

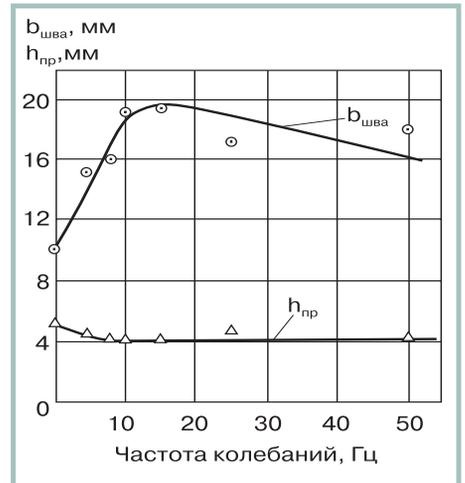


Рис. 4. Влияние частоты колебаний электрода на ширину шва и глубину проплавления ($I_{св} = 1050$ А; $U_d = 38$ В; $V_{св} = 93$ м/ч)

сварке под флюсом. Эффективное улучшение формирования швов с проплавлением 4–5 мм достигается при частоте колебаний, равной 10–15 Гц. При частоте колебаний конца электрода менее 10 Гц наблюдали пилообразную форму шва, а при частоте колебаний более 20 Гц – выплески металла по краям шва. С увеличением толщины свариваемого металла для улучшения формирования швов необходимо увеличивать амплитуду колебаний и снижать их частоту (таблица).

При сварке с колебаниями электрода поперек шва увеличивается ширина и сокращается длина сварочной ванны, повышается стойкость швов против образования кристаллизационных трещин и пор.

Следует отметить, что наличие роботизированных комплексов с большими возможностями программирования, позволяет значительно расширить применение разнообразных траекторий перемещения электрода с целью улучшения формирования и качества шва.

● #1415

КНИГИ ИЗДАТЕЛЬСТВА «ЭКОТЕХНОЛОГИЯ»



Г. И. Лашченко. Современные технологии сварочного производства. 2012. — 720 с.

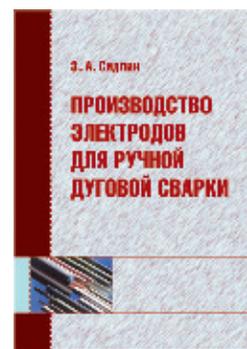
Изложены направления развития и совершенствования технического уровня сварочного производства и качества изготовления сварных конструкций. Дана характеристика современных конструкционных материалов, описаны пути повышения точности изготовления сварных конструкций, уровня механизации и автоматизации сварочного производства. Освещены принципы управления качеством сварных конструкций. Приведены современные электродуговые, плазменные, лазерные и фрикционные технологии сварки, наплавки, напыления и резки сталей, алюминиевых сплавов, титановых сплавов и пластмасс.

Рассчитана на инженерно-технических работников в области сварочного производства. Может быть полезна преподавателям, аспирантам и студентам технических университетов.

З. А. Сидлин. Производство электродов для ручной дуговой сварки. 2009. — 464 с.

Детально описаны все стадии технологического процесса производства металлических покрытых электродов для ручной дуговой сварки, применяемые материалы и оборудование. Даны теоретические основы процессов, протекающих как при изготовлении, так и при применении электродов. Особое внимание уделено вопросам обеспечения качества продукции.

Для инженерно-технического персонала, мастеров и рабочих электродных производств, может быть использована для индивидуальной подготовки и повышения квалификации.



П. В. Гладкий, Е. Ф. Переплетчиков, И. А. Рябцев. Плазменная наплавка. 2007. — 292 с.

Рассмотрены основные способы плазменной наплавки. Особое внимание уделено плазменно-порошковой наплавке, позволяющей существенно расширить круг сплавов, наплавляемых механизированным способом. Приведены требования к наплавочным порошкам, рассмотрены основные способы их производства, технологические особенности плазменной наплавки и методика выбора режимов плазменно-порошковой наплавки, рассмотрены примеры наплавки ряда характерных деталей. Представлены также сведения об оборудовании для плазменной наплавки, рассмотрены конструкции основных узлов установок, даны их характеристики.

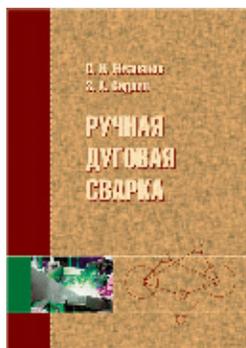
Рассчитана на инженерно-технических работников, занимающихся восстановлением и упрочнением деталей машин и механизмов. Может быть полезна студентам вузов.



Г. И. Лашченко. Способы дуговой сварки стали плавящимся электродом. 2006. — 384 с.

Рассмотрены структурные схемы способов дуговой сварки сталей плавящимся электродом (ДСПЭ) и общие вопросы свариваемости сталей. Изложены современные представления об энергетической эффективности процесса, формировании швов, производительности и экологических показателях ДСПЭ. Приведены современные способы сварки с применением различных защитных сред, позволяющие регулировать тепловложение в свариваемое изделие, улучшающие формирование металла шва и повышающие производительность сварки. Приведены сведения о гибридных и комбинированных способах дуговой сварки плавящимся электродом.

Рассчитана на инженерно-технических работников, занятых в области сварочного производства. Может быть полезна преподавателям, аспирантам и студентам технических университетов.



С. Н. Жизняков, З. А. Сидлин. Ручная дуговая сварка. Материалы. Оборудование. Технология. 2006. — 360 с.

Рассмотрены физико-металлургические процессы при ручной дуговой сварке покрытыми электродами. Даны характеристики и классификация электродов, представлена номенклатура промышленных марок, источники питания и другое оборудование. Изложены рекомендуемые технологии сварки сталей, чугуна и цветных металлов и их особенности. Рассмотрены дефекты сварных соединений и причины их образования, а также вопросы ремонтной сварки.

Рассчитана на инженерно-технических работников сварочного производства. Может быть полезна учащимся технических учебных заведений и для повышения квалификации.

Заказы на приобретение книги направляйте по адресу: 03150, Киев, ул. Антоновича (Горького), 62Б, издательство «Экотехнология». Тел./ф. +380 44 200 8014, 200 8018. E-mail: welder.kiev@gmail.com, welder@welder.kiev.ua.

Подписчикам журналов «Сварщик» и «Все для сварки. Торговый Ряд» предоставляется скидка 10 % (при заказе книг необходимо представить копию квитанции о подписке).



weldex

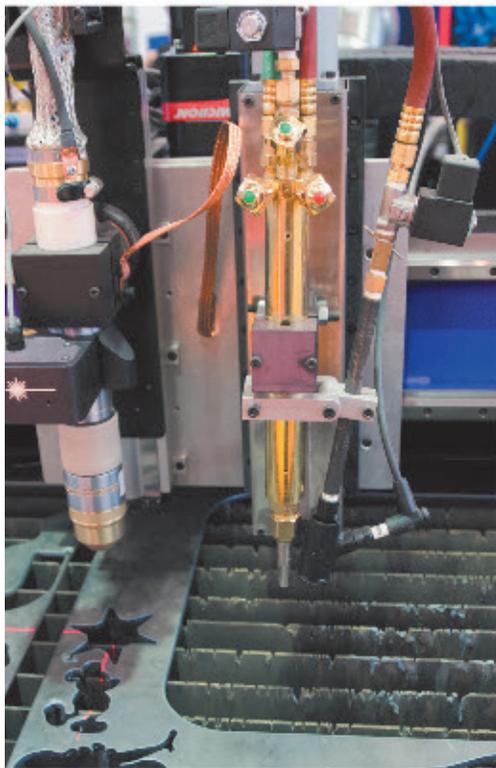
РОССВАРКА

14-я Международная выставка
сварочных материалов, оборудования и технологий

7–10 октября 2014 года
Москва, КВЦ «Сокольники»

Всё для сварки, резки и наплавки!

Более 250 компаний из 20 стран мира!



+7 (495) 935 81 00

www.weldex.ru

забронируйте стенд на сайте www.weldex.ru

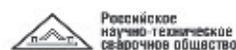
Реклама

Организатор:



В составе группы компаний ITE
Тел.: +7 (495) 935 81 00
E-mail: weldex@ite-expo.ru

Официальная поддержка:



MMAFC

Генеральный
информационный партнер:



Журнал
«Сварочное производство»

Основы разработки технологии сварки плавлением

2. Приемы сварки*

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

2.2. Приемы, используемые для улучшения формирования и качества швов. Под формированием швов понимают внешний вид шва, наличие или отсутствие подрезов, зоны несплавления, протеклов. Понятие формирование шва включает также форму и размеры зоны проплавления, размеры шва, которые в заметной степени влияют на образование в процессе кристаллизации таких дефектов, как шлаковые включения, поры, кристаллизационные трещины и др.

Сложившиеся представления о формировании швов при сварке плавлением основаны на анализе сил, действующих на жидкий металл ванны. Последние вызваны давлением источника нагрева (дуги, газового пламени, электронного пучка и др.), отдачи паров, электромагнитными и гравитационными воздействиями, поверхностным натяжением и некоторыми другими факторами (см. Кайдалов А. А. Электронно-лучевая сварка и смежные технологии. — К.: Экотехнология, 2004. — 260 с.; Г. И. Лашенко. Способы дуговой сварки плавящимся электродом. — К.: Экотехнология, 2006. — 384 с.).

Выделяют свободное, принудительное и полупринудительное формирование швов. Свободное формирование шва предполагает сварку в нижнем положении, отсутствие глубокой разделки кромок и дополнительных формирующих устройств. При принудительном формировании расплавленный металл с двух сторон удерживается свариваемыми кромками, а еще с двух сторон — формирующими устройствами (подкладками, ползунами).

В случае полупринудительного формирования одна часть шва (обычно верхняя) формируется свободно, а другая — с помощью формирующих устройств.

В сварочной практике много внимания уделяют свободному формированию швов. Правильный выбор основных параметров режима сварки позволяет обеспечить приемлемое формирование. Применительно к дуговой сварке это сила тока, напряжение дуги, диаметр электрода, скорость сварки, защитная среда.

При лазерной и газовой сварке основными параметрами режима являются мощность источника нагрева и скорость сварки, а при электронно-лучевой — энергия, мощность

электронного пучка и скорость сварки.

Основными параметрами при электрошлаковой сварке являются глубина шлаковой ванны, сила сварочного тока, сечение электрода и скорость сварки.

Наряду с оптимизацией основных параметров режима сварки плавлением (дуговой — ДС, плазменной — ПС, лазерной — ЛС, электронно-лучевой — ЭЛС, газовой — ГС и термитной — ТС) для улучшения формирования и повышения качества швов (уменьшения количества пор, шлаковых включений, предотвращения образования трещин, обеспечения соответствующих служебных характеристик) используют также ряд специальных приемов (табл. 5).

Приемы П22–П26 хорошо известны специалистам и широко используются на практике. Так, прием П22 реализуют путем изменения угла наклона плавящегося электрода вперед или назад при дуговой сварке с целью регулирования формы шва. При уменьшении наклона электрода при сварке углом вперед улучшается формирование шва, уменьшается глубина проплавления и увеличивается ширина шва. Одновременно уменьшается доля основного металла в металле шва. При сварке углом назад глубина проплавления несколько увеличивается, а ширина — уменьшается.

Аналогичным образом изменяются размеры шва и в случае изменения угла наклона горелки при газовой сварке.

Постоянный наклон электронного пучка в направлении его перемещения по изделию на угол 5–7° (а иногда и до 20°) предотвращает S-образную форму фронта кристаллизации сварочной ванны и тем самым резко снижает пористость и вероятность возникновения раковин, а также исключает бугристость сварного шва при ЭЛС.

Изменение пространственного положения свариваемого стыка, отличного от наи-

* Продолжение. Начало в № 1–6–2013, № 1–2–2014.

Таблица 5. Основные приемы, используемые для улучшения формирования и качества швов

Обозначение приема	Наименование приема	Способ сварки, в котором используют прием, и достигаемый эффект
П22	Изменение пространственного положения источника нагрева	ДС, ПС, ЛС, ЭЛС, ГС Улучшение формирования швов. Регулирование глубины проплавления. Уменьшение количества пор
П23	Изменение пространственного положения свариваемого стыка	ДС, ПС, ЛС, ЭЛС, ГС Обеспечение требуемой производительности, формы шва, благоприятных условий кристаллизации. Предупреждение образования пор и трещин
П24	Изменение пространственного положения свариваемого стыка и источника нагрева	То же
П25	Изменение зазоров в стыках	ДС, ПС, ГС, ЭШС Регулирование формы швов и условий их кристаллизации. Уменьшение количества пор, шлаковых включений
П26	Регулирование размеров и формы разделки кромок	ДС, ЛС, ЭЛС, ЭШС Регулирование формы швов и условий их кристаллизации. Уменьшение вероятности образования пор, шлаковых включений и трещин. Улучшение механических свойств сварных соединений
П27	Колебание линейного источника нагрева в вертикальной плоскости с одновременным его перемещением вдоль линии сварки	ДС, ЛС, ЭЛС Улучшение формирования шва. Стабилизация процесса сварки. Регулирование тепловложения
П28	Изменение геометрических размеров носителя энергии	ДС, ЭШС Управление формированием и кристаллизацией металла шва
П29	Модуляция энергии сварочного источника нагрева	ДС, ПС, ЛС, ЭЛС Управление формированием и кристаллизацией металла шва
П30	Использование нескольких однородных источников нагрева в общей сварочной ванне	ДС, ЛС, ЭЛС, ЭШС Управление формированием и кристаллизацией металла шва. Предупреждение образования дефектов. Повышение производительности
П31	Использование нескольких разнородных источников нагрева в общей сварочной ванне	ДС, ПС, ЛС, ЭЛС Управление формированием и кристаллизацией металла шва. Регулирование термического цикла. Повышение производительности
П32	Применение формирующих подкладок и ползунов	ДС, ПС, ЛС, ЭЛС, ТС Удержание расплава металлической и шлаковой ванны. Формирование поверхности шва. Улучшение теплоотвода
П33	Применение различных флюсов, порошковой проволоки, электродных и присадочных материалов, специальных покрытий	ДС, ПС, ЛС, ЭЛС, ГС Защита расплавленного металла от окружающей атмосферы. Легирование и модифицирование шва. Улучшение поглощения лучистой энергии
П34	Применение окислительных защитных газов	ДС, ЛС Защита расплавленного металла от окружающей атмосферы
П35	Применение инертных и нейтральных защитных газов	ДС, ПС, ЛС, ЭЛС Защита расплавленного металла от окружающей атмосферы. Улучшение свойств металла шва
П36	Применение комбинированных защитных сред	ДС, ЛС Защита расплавленного металла от окружающей атмосферы. Регулирование протекающих металлургических процессов в сварочной ванне. Улучшение свойств металла шва
П37	Использование вакуумной защиты зоны сварки	ДС, ЛС, ЭЛС Влияние на глубину проплавления шва, течение металлургических реакций. Предупреждение образования пор и других дефектов. Улучшение механических свойств
П38	Пульсирующая программируемая подача защитных газов	ДС, ПС, ЛС Регулирование подачи энергии в зону сварки. Изменение характера протекания металлургических процессов в сварочной ванне. Изменение условий переноса электродного металла при дуговой сварке плавящимся электродом и кристаллизации металла шва
П39	Силовое механическое воздействие на кристаллизующийся металл сварочной ванны путем прокатки	ДС, ГС Улучшение формирования швов. Устранение дефектов швов, образующихся в процессе кристаллизации
П40	Создание избыточного газостатического давления в зоне сварки	ДС, ПС, ЛС, ЭШС Влияние на процесс кристаллизации металла шва
П41	Использование внешних магнитных полей	ДС, ПС, ЛС, ЭЛС Изменение конфигурации источника нагрева. Перемешивание сварочной ванны. Управление кристаллизацией металла шва
П42	Применение низкочастотных колебаний сварочной ванны	ДС, ЛС, ЭЛС, ЭШС, ТС Улучшение формирования швов. Изменение условий кристаллизации металла. Устранение дефектов, образующихся в процессе кристаллизации шва
П43	Применение ультразвуковых колебаний сварочной ванны	То же
П44	Применение металлических присадочных материалов	ДС, ПС, ЛС, ЭЛС, ЭШС, ГС, ТС Управление формированием шва. Влияние на процесс кристаллизации сварочной ванны. Повышение производительности сварки. Улучшение свойств металла шва и предупреждение образования холодных и горячих трещин
П45	Передача в зону сварки различного рода наночастиц	ДС, ПС, ЛС, ЭЛС, ЭШС Влияние на процесс кристаллизации металла шва и характер защиты зоны сварки
П46	Смещение источника нагрева в сторону более тупоугольного или более толстого материала (при сварке разнородных и разнотолщинных материалов)	ДС, ЛС, ЭЛС Повышение качества шва и сварного соединения
П47	Оплавление и облицовка свариваемых кромок	То же
П48	Механизация процесса сварки	ДС, ПС, ЛС, ЭЛС, ЭШС Улучшение качества швов и повышение производительности сварки
П49	Автоматизация процесса сварки	То же
П50	Роботизация процесса сварки и использование IT-технологий	ДС, ПС, ЛС, ЭЛС, ЭШС Управление качеством швов. Программирование качества швов. Повышение производительности сварки

более благоприятного (прием П23) может быть вынужденным (отсутствие возможности кантовки изделия, сварка неповоротных кольцевых швов и др.) либо создаваться специально для улучшения формирования швов.

При дуговой сварке с наклоном стыка сверху вниз (на спуск) формирование улучшается, глубина проплавления уменьшается, а ширина шва несколько увеличивается по сравнению со сваркой на горизонтальной плоскости. При сварке снизу вверх (на подъем) жидкая прослойка под дугой уменьшается, что способствует увеличению глубины проплавления и уменьшению ширины шва. В последнем случае увеличивается и высота усиления.

На рис. 23 показана зависимость размеров шва (ширины b , глубины проплавления h) и площади проплавления $F_{пр}$ от силы сварочного тока дуги и пространственного положения сварки в CO_2 . Наибольшей глубины проплавления h и площадь проплавления $F_{пр}$ достигают при сварке в вертикальном положении на подъем. При сварке на спуск h — наименьшая, а b' — наибольшая. При сварке в потолочном положении расплавленный металл ванны удерживается в основном силами поверхностного натяжения. В этом случае $F_{пр}$ несколько ниже, чем в варианте вертикального положения на подъем. Величины h и b' при сварке в различных пространственных положениях заметно отличаются.

Применительно к электронно-лучевой сварке предпочтительно горизонтальное расположение стыков на вертикальной плоскости (сварка на боку).

На практике часто используют прием, при котором изменяют пространственное положение как свариваемого стыка, так и источника нагрева (прием П24). Особенно это касается дуговой сварки неповоротных стыков труб.

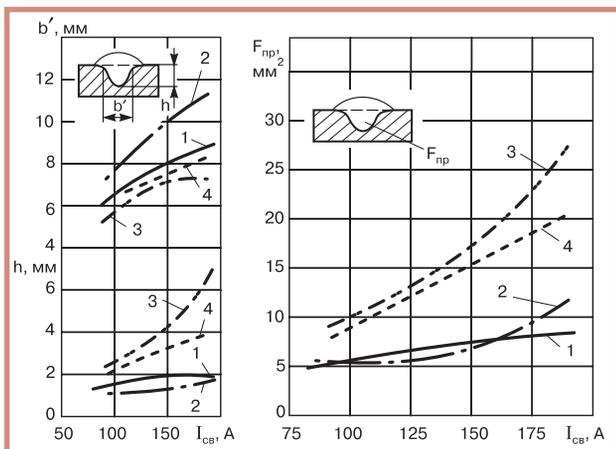


Рис. 23. Зависимость размеров шва (а), глубины проплавления и площади проплавления (б) от силы сварочного тока и пространственного положения сварки: 1 — нижнее; 2 — вертикальное на спуск; 3 — вертикальное на подъем; 4 — потолочное ($U_d=20...24$ В; $d_0=1,0$ мм)

Зазоры в стыках следует отнести к важным факторам технологии сварки (прием П25). Обычно величина зазора диктуется требованиями стандартов и определяется качеством сборки. При некоторых способах ДС, и особенно ПС, ЛС, ЭЛС величина зазора может изменяться в весьма узких пределах, так как она существенно влияет на форму шва.

При дуговой сварке плавящимся электродом однослойных швов под флюсом максимальная величина зазора может изменяться в достаточно широких пределах, что оказывает существенное влияние на форму швов. Аналогичное влияние оказывает и глубина разделки (прием П26). Считается, что хорошее формирование швов обеспечивается при сечении разделки или зазора, равном 50–70% сечения вводимого в шов металла. Поэтому применение приемов П25 и П26 имеет определенные ограничения, продиктованные различными условиями и способами сварки.

Прием П27 реализуют путем вибрации плавящегося электрода при дуговой сварке (вибродуговая наплавка, СМТ-процесс и др.). При лазерной и электронно-лучевой сварке этот прием может быть осуществлен за счет осцилляции уровня фокусировки. При осцилляции сфокусированный лазерный луч периодически углубляется в сварочную ванну за счет колебаний фокальной плоскости относительно свариваемого изделия. Для этого используют специальные механические или пьезоэлектрические сканаторы, линзы или объективы, обеспечивающие варьирование частоты в диапазоне от 0 до 150 Гц с амплитудой колебаний, превышающей половину толщины свариваемых деталей.

Осцилляция сфокусированного лазерного излучения обеспечивает при сварке большей части конструкционных материалов (сталей, алюминиевых и титановых сплавов) увеличение глубины проплавления до 40%. Ширина шва при этом возрастает на 30%, а коэффициент формы шва увеличивается на 10–15%. Одновременно с этим эффектом осцилляция излучения уменьшает колебания глубины проплавления и улучшает формирование шва, в том числе и его внешний вид.

Колебание уровня фокусировки электронного пучка относительно некоторого среднего значения осуществляют модуляцией тока электромагнитной линзы. Этот прием используют для предотвращения корневых дефектов и выполнения концевых участков шва ЭЛС.

Прием П28 связан с изменением геометрических размеров носителя энергии. При дуговой сварке его реализуют путем изменения размеров и формы электрода (круглый, плоский, трубчатый, профилированный и др.). Сечение электрода опре-

деляет плотность тока в нем и в дуге, которая влияет на производительность расплавления электрода, характер переноса металла, форму и размеры шва.

При ЭЛС прием П28 наиболее просто осуществить за счет технологической развертки электронного пучка и получения следующих типов траекторий: окружность, эллипс, дуга, продольная и поперечная. Формирование при развертке усредненного распределения плотности мощности электронного пучка поперек направления сварки с «провалом» в приосевой области уменьшает амплитуду корневых циклов и расширяет корень сварного шва. При радиусе закругления корня сварного шва 1–1,5 мм (для глубины 10–80 мм) и 2–4 мм (для глубины проплавления 100–200 мм) вероятность появления корневых дефектов минимальна. Двойное преломление электронного пучка при развертке (рис. 24) позволяет существенно увеличить угол его отклонения относительно оси по сравнению с однократным преломлением при сохранении ширины сварного шва в его верхней половине. Частоту развертки электронного пучка рекомендуют выбирать в диапазоне 100–500 Гц для сталей и 500–1000 Гц для алюминиевых и титановых сплавов. Поперечные размеры траектории развертки оптимальны в диапазоне 1–1,5 мм. С помощью развертки электронного пучка решаются и другие технологические задачи.

Распределение интенсивности лазерного излучения на выходе определяется типом используемого резонатора и модовым составом возбуждаемых в нем колебаний, что позволяет в определенной степени реализовать прием П28.

Модуляция энергии сварочного источника нагрева (прием П29) относится к одному из наиболее распространенных технологических приемов, используемых при дуговой, лазерной, электронно-лучевой и электрошлаковой сварке (см. Лащенко Г.И. Современные технологии сварочного производства. — К.: Экотехнология, 2012. — 720 с.). Она позволяет решать ряд важных технологических задач.

К числу эффективных технологических приемов относится использование нескольких однородных источников нагрева, действующих в общей сварочной ванне (прием П30). Наиболее широко его используют при

дуговой сварке (см. Лащенко Г.И. Технологические возможности одно-, двух- и трехдуговой сварки // Сварщик. — 2011. — № 2. — С. 14–19). Сварка двумя электронными пучками (тандемом) листового металла толщиной до 10 мм позволяет резко (в 5–7 раз) повысить скорость сварки при увеличении общей мощности источников сварочного нагрева на 20–25%. При этом достигается лучшее качество сварного шва.

Большими технологическими резервами обладает прием П31, заключающийся в использовании в различных комбинациях нескольких разнородных источников нагрева (электрическая дуга, лазер, электронный пучок, газовое пламя) в общей сварочной ванне (см. Лащенко Г.И. Направления развития комбинированных технологий сварки плавлением // Сварщик. — 2012. — № 5. — С. 26–29; № 6. — С. 26–30).

В практике сварки плавлением при полупринудительном формировании корня шва используют флюсовые подушки, медные неподвижные подкладки, флюсо-медные неподвижные, скользящие медные ползуны, переносные керамические, гибкие флюсовые и другие комбинированные подкладки (прием П32). Этот же прием реализуют и в случае принудительного формирования шва подкладками и ползунами. Особенно широко для формирования корня шва используют медные охлаждаемые подкладки различной конструкции (см. Калюжный В.В., Чан Туан Ань. Конструкции медных подкладок для односторонней сварки прямолинейных швов стыковых соединений (обзор) // Сварочное производство. — 1993. — № 7. — С. 22–25).

При сварке меди и медных сплавов используют графитовые подкладки и ползуны.

При сварке некоторых металлов и сплавов применяют стальные подкладки.

Прием П33 следует отнести к одному из главных инструментов, используемых при разработке технологии сварки плавлением различных металлов и сплавов. Речь идет о выборе флюсов, порошковой проволоки, электродных и присадочных материалов, специальных покрытий. Все эти вопросы подробно рассмотрены в соответствующей литературе и хорошо известны специалистам. Отметим только, что кроме обычных сварочных флюсов здесь имеются в виду и флюсы-активаторы (А – TIG-процесс).

Принципиальной основой технологии А-TIG является введение в зону сварки 0,10–0,01% (от массы расплавленного металла) элементов, имеющих склонность к образованию отрицательных или положительных ионов, что по-

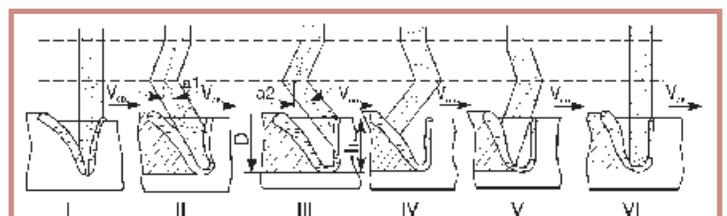


Рис. 24. Последовательность операций отклонения электронного пучка

звояет в широких пределах регулировать значения коэффициента формы шва без изменения режима сварки. Эффекты, характерные для А-TIG сварки являются следствием контракции дуги при этом процессе. Подобные эффекты наблюдаются и в случае введения соответствующих веществ в зону сварки электронным пучком.

В сварочной практике широко используют хорошо известные специалистам приемы П34, П35–П37.

Пульсирующую программируемую подачу защитных газов используют при дуговой и лазерной сварке (прием П38). В этом случае защитная среда может оказывать и заметное механическое воздействие на расплавленный металл сварочной ванны.

Прием П39 предусматривает значительно большее механическое воздействие на кристаллизующийся металл сварочной ванны, которое осуществляют высокотемпературной прокаткой. При этом обжатию подвергают металл, находящийся в двухфазной зоне: ликвидус-солидус. Это позволяет эффективно влиять на процесс образования первичной структуры, устранять поры и кристаллизационные трещины и повышать механические свойства.

Создание избыточного газостатического давления защитной среды (прием П40) реализуют в специальных камерах, что требует громоздкого и капиталоемкого оборудования. Это существенно ограничивает возможности его применения.

Применение внешних электромагнитных воздействий (ЭМВ) на источник нагрева (дуга, шлаковая ванна) и металл сварочной ванны — один из эффективных приемов (П41) повышения и стабилизации качества швов. При сварке в нижнем положении сталей и титановых сплавов аксиальные магнитные поля (в том числе реверсивные) относительно поверхности сварочной ванны используют для управления ее гидродинамикой,

что позволяет воздействовать на кристаллизацию швов и благодаря этому повышать их стойкость против образования и развития кристаллизационных трещин, снижать пористость и улучшать пластичность.

Аксиальные магнитные поля в сочетании с дополнительным пропусканием тока по сварочной ванне применяют для улучшения формирования горизонтальных швов на вертикальной плоскости (способ ЕСМР). Управляющие магнитные поля используют и при TIG сварке титановых сплавов в узкий зазор.

При сварке с ЭВМ алюминиевых сплавов снижается содержание оксидных включений в объеме шва, измельчается структура и повышается производительность.

В сварочном производстве не ослабевает интерес к использованию низкочастотных (в звуковом диапазоне) колебаний сварочной ванны (прием П42) для улучшения структуры, предупреждения образования кристаллизационных трещин и пор. Эффективность упомянутого воздействия усиливается при введении в сварочную ванну колебаний ультразвукового диапазона (прием П43).

К числу распространенных при сварке плавлением приемов относится подача в сварочную ванну различного вида металлических присадочных материалов (прием П44) (рис. 25). Этот прием позволяет решать многие технологические задачи при дуговой, плазменной, лазерной, электронно-лучевой, электрошлаковой, газовой и термитной сварке.

В последние годы появляется интерес к использованию наночастиц в процессе сварки плавлением (прием П45). В частности, речь идет о введении в сварочную ванну наночастиц соединений на основе титана и бора и других элементов, весьма эффективно упрочняющих структуру металла. Еще

одним направлением может быть создание специальных защитных сред, представляющих собой комбинацию известных защитных газов и наночастиц других материалов. Новые комбинированные защитные среды могут обладать целым рядом уникальных свойств.

Просто выполнимый на практике прием П46, предусматривающий смещение источника нагрева в сторону более тугоплавкого или более толстого материала (при сварке разнородных и разнотолщинных материалов) позволяет эффективно решать поставленную технологическую задачу.

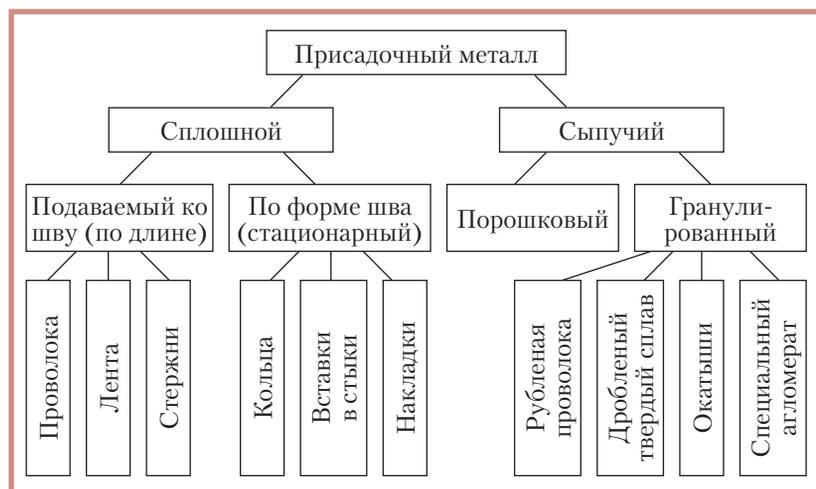


Рис. 25. Схема классификации присадочного металла

Хорошо известен и другой прием П47, предусматривающий предварительное оплавление или облицовку свариваемых кромок различными металлическими материалами. Он позволяет в ряде случаев эффективно решить задачу повышения качества шва и соединения в целом.

Механизацию процесса сварки плавлением (прием П48) многие годы считали одним из основных направлений развития соответствующих технологий. Это позволило повысить производительность труда, частично улучшить качество сварных швов и соединений, условия труда и технику безопасности. Но при лазерной, электронно-лучевой, а во многих случаях и дуговой сварке простая механизация не позволяет эффективно решать поставленные задачи. Поэтому дальнейшее развитие получает автоматизация процесса сварки (прием П49), связанная с выполнением начальных и конечных участков шва, направлением источника нагрева по стыку, управляемым переносом металла, раскладкой валиков и совершенствованием других элементов, в том числе позволяющих реализовать программно-управляемые технологии сварки различного назначения.

Именно последнее обстоятельство и необходимость дальнейшего повышения качества свариваемых изделий и освоения новых видов продукции способствовали широкому применению в мировом сварочном производстве роботизированных систем и IT-технологий (прием П50).

Главным аргументом в пользу применения роботизированной сварки в мировом сварочном производстве являются:

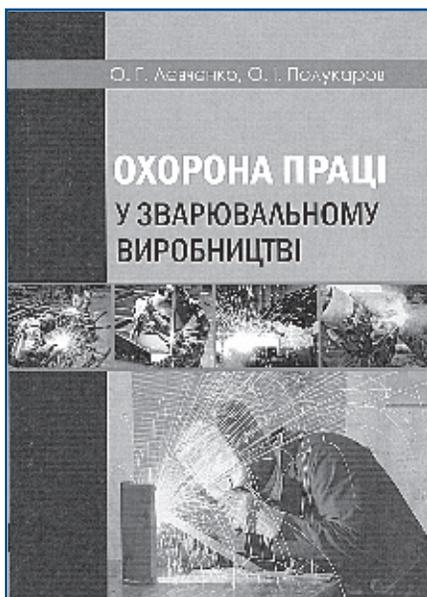
- ◆ обеспечение конкурентоспособности продукции за счет высокого качества сварных соединений и его стабильности при высокой производительности процесса изготовления сварных конструкций и изделий;
- ◆ возможность компенсации дефицита высококвалифицированных рабочих-сварщиков;
- ◆ возможность качественного улучшения экономических условий и снижения вредного влияния сварки на здоровье основного и вспомогательного персонала;
- ◆ обеспечение гибкости средств автоматизации в условиях мелкосерийного производства, доля которого постоянно возрастает.

Что касается IT-технологий, то они позволяют более акцентированно решать перечисленные выше задачи за счет использования различных сенсорных устройств для слежения за стыком, заполнением разделки, осуществлять в режиме реального времени анализ температурных полей в зоне шва, текущий расчет и анализ сварочных деформаций, фиксацию дефектов шва. Соответствующие устройства позволяют провести визуализацию режима сварки, температурных полей сварного соединения, контролировать сложные конструктивные формы и решать другие важные задачи.

Приведенный выше перечень приемов обычно используют не поодиночке, а в комбинациях, реализующих одновременно несколько приемов, и такое комбинирование дает качественно новые эффекты.

● #1416

НОВАЯ КНИГА



О. Г. Левченко, О. І. Полукаров. Охорона праці у зварювальному виробництві: Навчальний посібник. — К.: Основа, 2014. — 352 с.

Уперше в одному навчальному посібнику представлено нормативно-правові й організаційні основи охорони праці; характеристика умов праці під час виконання зварювальних робіт; виробнича санітарія; безпека праці й протипожежна безпека у зварювальному виробництві. Посібник відповідає програмі навчання студентів зварювальних спеціальностей у вищих навчальних закладах з підготовкою фахівців зі зварювання й споріднених технологій, має гриф Міністерства освіти й науки України (лист № 1/11–18194 від 27.11.2013).

Наведено відомості про шкідливі і небезпечні фактори зварювального процесу; шкідливі речовини, які утворюються при дуговому зварюванні; гігієнічні характеристики способів зварювання; технологічні способи мінімізації виділень шкідливих речовин під час зварювання; системи вентиляції для робочих місць зварників; проблеми електромагнітної безпеки; засоби індивідуального захисту тощо.

Видання розраховане на інженерно-технічних працівників зварювального виробництва, фахівців з охорони праці, безпеки життєдіяльності, гігієни й екології.

Методика оценки усталостной долговечности многослойного наплавленного металла

И. А. Рябцев, д-р техн. наук, Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины,
И. К. Сенченков, д-р физ.-мат. наук, Институт механики им. С. П. Тимошенко НАН Украины,
И. И. Рябцев, канд. техн. наук, **А. А. Бабинец**, Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины

Исследование механических свойств наплавленного металла, относящегося к износостойким высоколегированным сталям повышенной твердости (>45 HRC), всегда вызывает определенные трудности из-за невозможности изготовления соответствующих образцов без проведения полной термической обработки: отжиг, изготовление образцов, закалка, отпуск. Так как в производственных условиях детали, как правило, после наплавки не проходят полную термическую обработку, судить о механических свойствах наплавленных деталей можно только косвенно, что не всегда приемлемо.

В особой степени это касается усталостной долговечности ответственных деталей, которые многократно подвергаются восстановительной многослойной многопроходной наплавке. К числу таких деталей относятся прокатные валки, ролики машин непрерывного литья заготовок, которые эксплуатируются в условиях длительных циклических механических нагрузок, и усталостные поломки которых ведут к значительным материальным потерям. В этих деталях остаточные наплавочные напряжения могут ускорить процесс зарождения и развития усталостных трещин.

Цель данной статьи — разработка методики испытаний и технологии изготовления многослойных наплавленных образцов для исследования их усталостной долговечности при циклической механической нагрузке. Методика должна давать возможность проводить сравнительные исследования усталостной долговечности наплавленных образцов в зависимости от химсостава наплавленных слоев (подслоя и износостойкого слоя), их геометрических размеров, технологии и техники наплавки.

Так как с помощью разрабатываемой методики предполагалось исследовать наплавочные материалы, применяемые для наплавки прокатных валков, при выборе основного и наплавочных материалов для образцов руководствовались следующими соображениями. В качестве основного металла в прокатных валках обычно используют средне- и высокоуглеродистые нелегированные или низколегированные конструкционные стали: 45, 50, 40X, 50X, 50XH, 50XФА и др. Для наплавки рабочего износостойкого слоя применяют порошковую проволоку ПП-Нп-25X5ФМС, ПП-Нп-35В9ХЗСФ, ПП-Нп-30Х4В2М2ФС, обеспечивающую получение наплавленного слоя типа теплостойких или полутеплостойких сталей. Для улучшения свариваемости износостойкого и основного металлов, как правило, наплавляют подслоя сплошной проволокой Св-08А.

При разработке методики в качестве основного металла образцов была выбрана сталь 40X; для наплавки подслоя использовали сплошную проволоку Св-08А или порошковую проволоку ПП-Нп-12Х1МФ, обеспечивающую по сравнению с проволокой Св-08А получение наплавленного металла с более высокими усталостными характеристиками; наплавку рабочего слоя выполняли порошковой проволокой ПП-Нп-25Х5ФМС, которая наиболее широко применяется для наплавки прокатных валков.

Для испытаний выбрали схему трехточечного изгиба с циклической отнулевой нагрузкой по центру образца, которая с определенными допущениями воспроизводила силовые нагрузки, характерные для прокатных валков, роликов МНЛЗ и других подобных деталей в процессе эксплуатации.

Форма и размеры образцов для испытаний были выбраны исходя из того, что наплавленный образец должен в достаточной степени имитировать наплавленную многослойную конструкцию реальной детали. Кроме того, так как предполагалось производить наплавку с одной стороны образца, его размеры должны быть такими, чтобы деформация образца в вертикальной плоскости не превышала $\pm 1,5$ мм. Исходя из имеющегося опыта и результатов предварительных экспериментов были выбраны образцы в форме прямоугольного параллелепипеда размерами 30×40×400 мм. Общая толщина слоя наплавленного металла составляла ≈ 8 мм.

Расчет предельных нагрузок и количества циклов до разрушения выбирался из следующих предпосылок. Поскольку испытания носят сравнительный характер, для сокращения времени испытаний за базу было выбрано относительно небольшое количество циклов — $2 \cdot 10^5$. Был произведен расчет нагрузок, которые обеспечивали бы такое количество циклов до разрушения образца. Расчет производился для цельного образца из стали 40X при нагрузке по центру образца (рис. 1). Предварительно рассчитаны

вали предельную статическую нагрузку для этого типа образцов, при которой появлялись пластические деформации при плоской деформации (рис. 2). Как видно из рис. 2, пластическая деформация ϵ_{xx}^p появляется при нагрузке около 0,08 МН (8 т).

Рассчитали распределение напряжений на поверхности образца ($\pm y$) на различном расстоянии от места приложения циклической отнулевой нагрузки в центре образца (рис. 3). Для стали 40Х при симметричном цикле нагружения на базе 10^5 циклов напряжения σ_{-1} , при котором происходит разрушение, составляет около 500 МПа. Был произведен перерасчет этого напряжения в предельное амплитудное напряжение σ_a для отнулевого цикла по уравнению Гудмена:

$$\sigma_a = \sigma_{-1}(1 - \sigma_s/\sigma_b),$$

где σ_s — среднее напряжение в цикле, σ_{-1} — предел выносливости стали 40Х при симметричном цикле, σ_b — временное сопротивление стали 40Х.

Расчет по уравнению Гудмена для отнулевого цикла дает значение предельного амплитудного напряжения по центру образца около 400 МПа. Такое значение напряжения даст нагрузка в 0,04 МН (4 т) (см. рис. 2 и 3). Учитывая возможное отрицательное влияние наплавки на усталостную долговечность образцов, в экспериментах была использована нагрузка 0,035 МН (3,5 т).

Как указывалось выше, на усталостную долговечность наплавленных образцов оказывает влияние остаточное напряженное состояние. Чтобы избежать необходимости правки образцов, которая могла повлиять на этот фактор, наплавку выполняли не на всю длину образца. С другой стороны, учитывая возможность появления концентраторов напряжения в месте А перехода от наплавленного к основному металлу (см. рис. 1), длину разделки под наплавку необходимо было выбрать такой, чтобы вывести эти места в зону минимальных нагрузок, то есть ближе к опорам.

Для определения длины разделки под наплавку использовали данные, приведенные на рис. 3. При длине разделки 100 мм и минимальной нагрузке 0,04 МН напряжения в месте перехода от основного металла к наплавленному не должны превышать 320 МПа, при длине 150 мм — превышать 250 МПа, что ниже предельного значения 400 МПа, определенного выше.

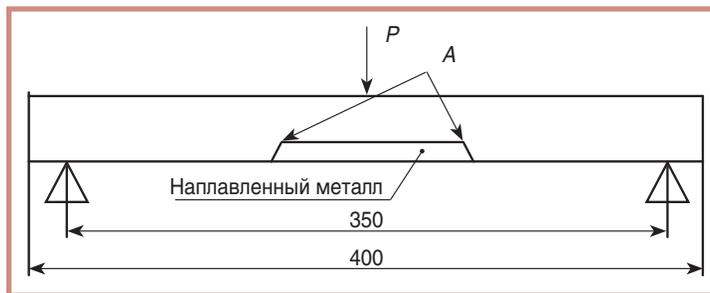


Рис. 1. Нагружение образца по схеме трехточечного изгиба. Стрелками указаны места перехода от основного металла к наплавленному

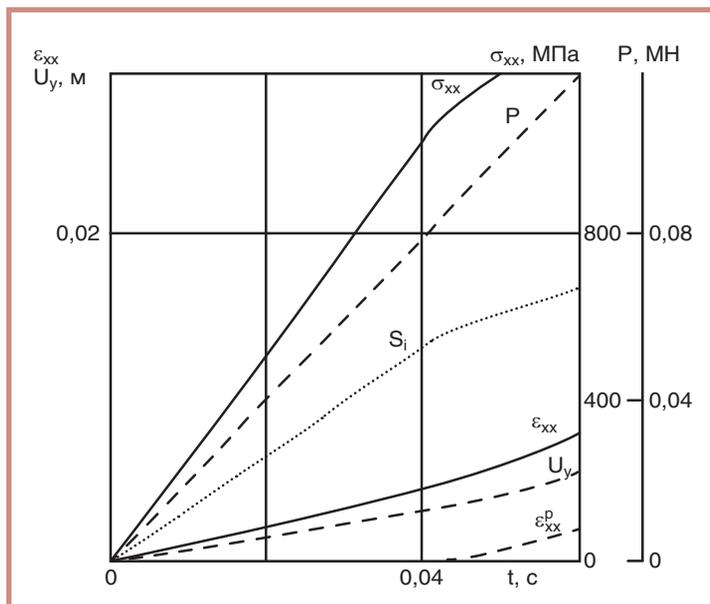


Рис. 2. Расчетные данные по прилагаемой нагрузке (P), напряжениям (σ_{xx}), интенсивности касательных напряжений (S_i), полной деформации (ϵ_{xx}), прогибу (U_y) и пластической деформации (ϵ_{xx}^p)

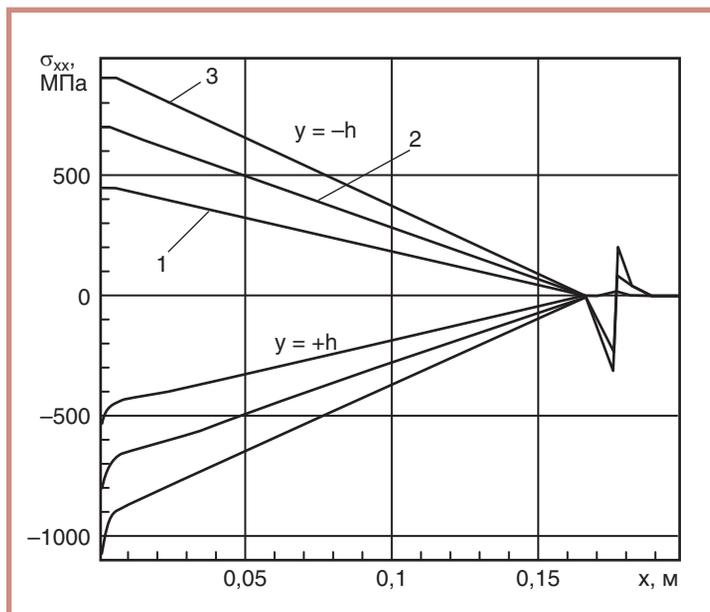


Рис. 3. Распределение напряжений на поверхности образца ($\pm y$) на различном расстоянии от места приложения нагрузки: 1—0,04; 2—0,06; 3—0,08 МН.

Для выбора оптимальной длины разделки под наплавку были изготовлены две опытные партии образцов с разделкой 100 и 150 мм и углами 45° и 30°, соответственно (рис. 4, а, б).

Перед наплавкой заготовки образцов размерами 40×50×400 мм из стали 40Х с разделкой под наплавку собирали в пакеты при помощи технологических вставок на прихватках. По бокам пакетов приваривали выводные планки и выполняли автоматическую электродугую многослойную наплавку пакетов образцов (рис. 5). Подслоем наплавляли проволокой Св-08 А под флюсом АН-348 А, а рабочий слой проволокой ПП-Нп-25Х5ФМС под флюсом АН-26 П. Диаметр всей проволоки — 2 мм. Режимы наплавки: $I_n = 220-250$ А, $U_n = 26-28$ В, $V_n = 18$ м/ч. Шаг наплавки был равен половине ширины наплавляемого валика. После наплавки заготовки медленно охлаждались в бункере под слоем флюса.

Затем, наплавленный пакет заготовок разрезали абразивными кругами по технологическим вставкам на отдельные заготовки. Замеры деформаций показали, что они у обоих типов заготовок образцов не превышали 1,5 мм на длине 400 мм, что не требует правки перед изготовлением образцов. Из заготовок было изготовлено по 5 образцов каждого типа размерами 30×40×400 мм.

Были проведены сравнительные испытания усталостной долговечности двух опытных партий образцов. Перед испытанием образцы устанавливали на опоры универсальной испытательной машины таким образом, чтобы во время нагружения в напленном металле действовали растягивающие напряжения (рис. 6). Нагрузка прилагалась по нормали к плоскости образца с допустимым отклонением от нормали не более ±2°. Отклонение точки приложения нагрузки от центра симметрии образца не превышало 0,5% расстояния между опорами.

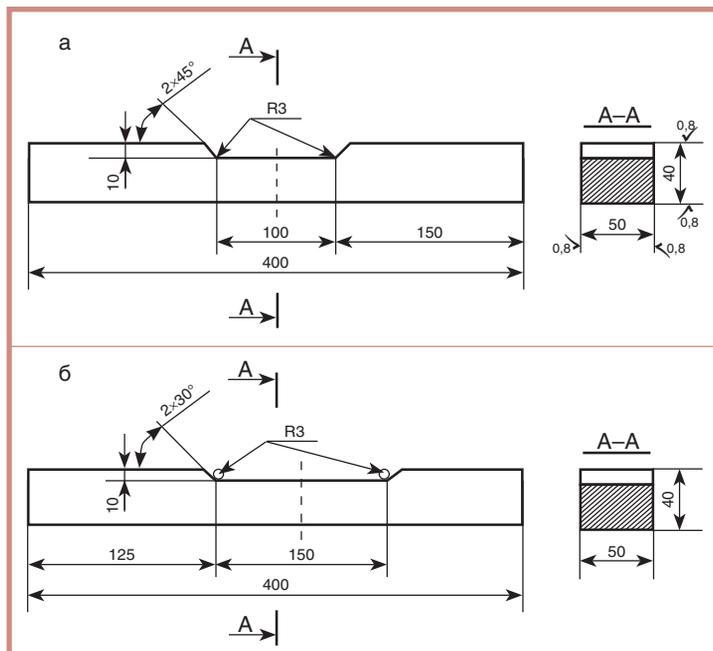


Рис. 4. Заготовка образца для исследования усталостной долговечности с разделкой под наплавку длиной: а — 100 мм, б — 150 мм

Результаты испытаний показали, что при ширине разделки 100 мм, напряжения могут привести к разрушению образца по краю разделки — в зоне перехода от напленного металла к основному (рис. 7, а). В таком случае малейший дефект при наплавке или сам переход от основного металла к напленному играет роль концентратора напря-

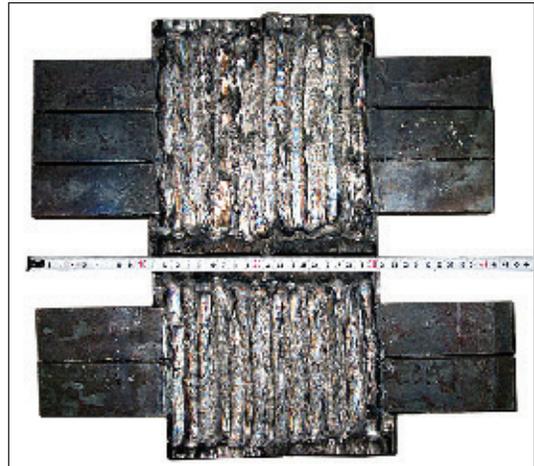


Рис. 5. Пакеты напленных заготовок



Рис. 6. Напленный образец во время проведения усталостных испытаний

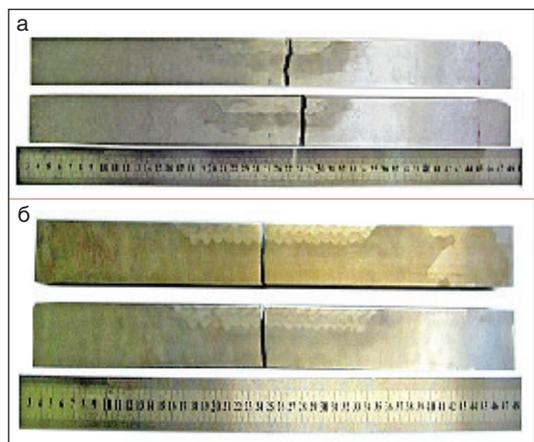


Рис. 7. Внешний вид образцов после испытаний при циклическом механическом нагружении: а — разделка 100 мм; б — разделка 150 мм

жений. В образцах с шириной разделки 150 мм, разрушение происходило практически точно по центру образца — в месте приложения нагрузки (рис. 7, б). С учетом этих результатов в конструкции образца для проведения усталостных испытаний была выбрана разделка длиной 150 мм.

Таблица. Характеристика наплавленных образцов

Номер группы образцов	Наплавочный материал (подслой + износостойкий слой)	Толщина наплавленных слоев, мм
1.1	Сталь 40X без наплавки	—
1.2	ПП-Нп-25X5 ФМС (без подслоя)	8
1.3	Св-08 А + ПП-Нп-25X5 ФМС	3 (подслой) + 5 (износостойкий слой)
1.4	ПП-Нп-12X1 МФ + ПП-Нп-25X5 ФМС	3 (подслой) + 5 (износостойкий слой)

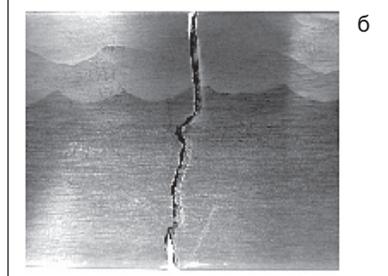
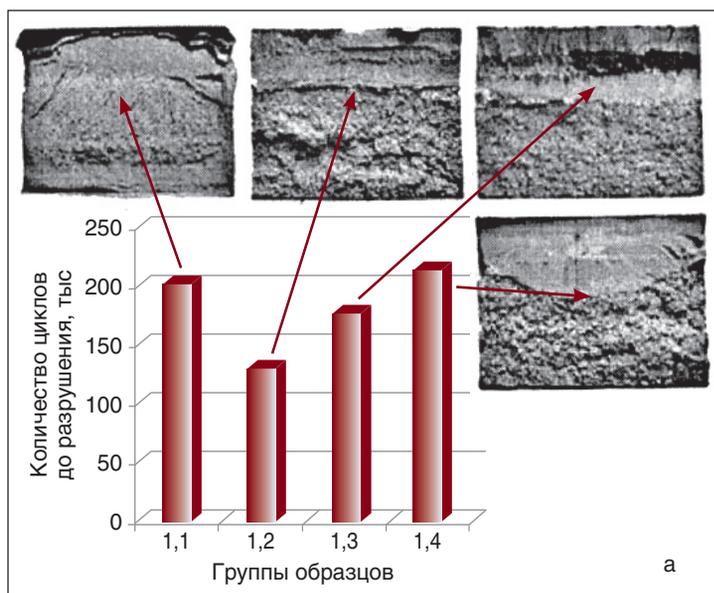


Рис. 8. Усталостная долговечность наплавленных образцов (а) и внешний вид боковой поверхности разрушенного образца (б) при циклическом механическом нагружении.

С помощью разработанной методики было проведено исследование влияния наплавки подслоя из различных материалов на усталостную долговечность многослойных наплавленных образцов. Всего было наплавлено и изготовлено четыре группы образцов, по пять образцов в каждой группе. Первая группа образцов не наплавлялась, вторая была наплавлена порошковой проволокой ПП-Нп-25X5ФМС без подслоя, третья группа была наплавлена проволокой ПП-Нп-25X5ФМС по подслою, наплавленному проволокой Св-08А, в четвертой — подслоем наплавлялся порошковой проволокой ПП-Нп-12X1МФ (таблица).

Результаты исследований усталостной долговечности четырех типов образцов и их характерные изломы приведены на рис. 8, а. При визуальном осмотре изломов было отмечено, что в образцах с подслоем, наплавленным проволокой Св-08А, усталостная трещина зарождалась в подслое и затем образец хрупко разрушался. В образцах с подслоем, наплавленным проволокой ПП-Нп-12X1МФ усталостная трещина зарождалась на границе основного металла и подслоя. Также было отмечено, что в большинстве случаев усталостная трещина проходила по границе проплавления соседних наплавленных валиков (рис. 8, б).

Было установлено, что наплавка образцов из стали 40X порошковой проволокой ПП-Нп-25X5ФМС без пластичного подслоя приводит к сокращению их долговечности при циклическом механическом нагружении. Наплавка пластичного подслоя проволокой Св-08А и ПП-Нп-12X1МФ увеличивает усталостную долговечность, причем проволока ПП-Нп-12X1МФ, обеспечивающая получение наплавленного металла с более высокими механическими характеристиками, дает лучшие результаты по усталостной долговечности. ● #1417

ДМЗ им. Петровского выпустил новый швеллер европейского стандарта



ДМЗ им. Петровского освоил новый вид высокотехнологичной продукции — горячекатаный стальной швеллер общестроительного назначения с наклонными гранями полок U 260.

В мае 2014 г. на предприятии была проведена опытно-промышленная прокатка нового швеллера. Отобранные для проведения механических испытаний пробы подтвердили соответствие профиля евростандарту DIN 1026-1. Произведена первая промышленная партия продукта.

Основными потребителями данной продукции являются европейские страны, портфель заказов предполагает реализацию U 260 в объеме более 6000 т в год.

ДМЗ им. Петровского активно осваивает новые виды продукции, востребованные на рынке. В 2013 г. завод наладил производство швеллеров U200, U240 и U220 по европейскому стандарту EN 10025-1:2004. Были также освоены спецпрофили для вагоностроения — швеллер 8В и вагонная стойка.

Днепропетровский металлургический завод им. Петровского (ЕВРАЗ ДМЗ им. Петровского) — предприятие полного металлургического цикла, обладающее 127-летним опытом производства чугуна, стали и проката. В 2013 г. предприятие выпустило порядка 978 тыс. т чугуна, 995 тыс. т стали и 854 тыс. т проката.

www.prometal.com.ua

Особенности сварки алюминиевых сплавов лазерным, микроплазменным и гибридным способами

В. Д. Шелягин, канд. техн. наук, **В. Ю. Хаскин**, д-р техн. наук, **А. А. Чайка**, **О. В. Доляновская**, Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины, **А. М. Оришич**, д-р физ.-мат. наук, **А. Г. Маликов**, канд. техн. наук, Институт теоретической и прикладной механики им. С. А. Христиановича Сибирского отделения РАН

В современной промышленности для изготовления облегченных конструкций часто применяют алюминиевые сплавы. Основной особенностью их сварки является необходимость устранения оксидной пленки, образующейся на поверхности при взаимодействии с кислородом воздуха. Обычно подготовку поверхности этих сплавов к сварке осуществляют механическим способом. Разработанный в ИЭС им. Е. О. Патона способ микроплазменной сварки разнополярными импульсами предоставляет возможность катодной очистки свариваемых поверхностей. Соединение процессов лазерной и микроплазменной сварки не только позволяет улучшить очистку поверхностей, но и способствует образованию гибридного лазерно-плазменного разряда, который дает возможность значительно повысить производительность сварки и качество соединений.

Работы по лазерно-плазменной сварке сталей и сплавов проводятся в ИЭС им. Е. О. Патона на протяжении последних 20 лет. Были опробованы различные технологические схемы такой сварки. Одной из наиболее перспективных схем для соединения тонколистовых алюминиевых сплавов признана схема, показанная на рис. 1. Согласно этой схеме между катодом и плазмообразующим соплом при помощи высокочастотного блока поджига источника питания зажигается дежурная дуга. Лазерное излучение, сфокусированное оптической системой, проходит через плазмообразующее сопло и воздействует на свариваемый образец. В тот же момент при помощи источника питания возбуждается плазменная дуга прямого действия между катодом и образцом. Лазерное излучение способствует так называемой «привязке» плазменной дуги к месту воздействия благодаря ионизированным парам металла, возникающим под действием излучения.

Целью данной работы является проведение сравнения технологических особенностей лазерной, микроплазменной и гибридной лазерно-микроплаз-

менной сварки тонкостенных конструкций из алюминиевых сплавов с позиций перспектив получения качественных неразъемных конструкций, применяемых в авиа- и ракетостроении. Критериями качества сварных соединений считали такое формирование швов, при котором отсутствовали подрезы, непровары, внутренние поры, свищи, а также формирование наиболее мелкодисперсных структур металла шва и зоны термического влияния (ЗТВ).

Работу по исследованию сварки волоконным лазером, микроплазмой и их гибридом выполняли в ИЭС им. Е. О. Патона, исследование сварки излучением CO_2 -лазера — в Институте теоретической и прикладной механики им. С. А. Христиановича Сибирского отделения РАН.

Сначала рассмотрим эксперименты по сварке алюминиевых сплавов, проведенные в ИЭС. Для

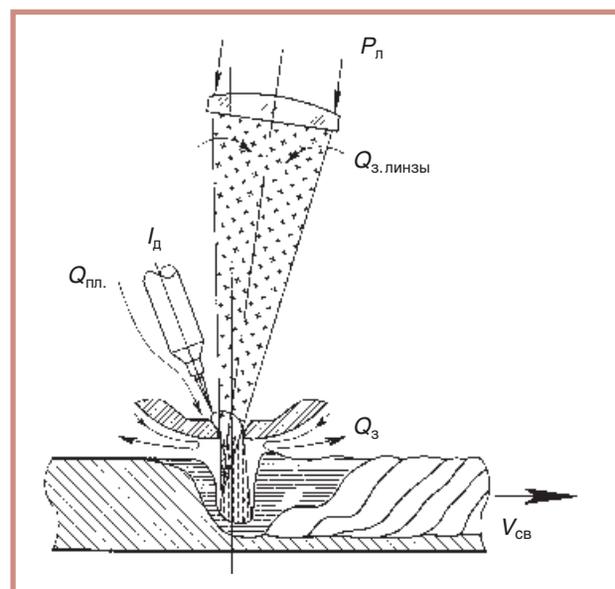


Рис. 1. Схема процесса гибридной сварки, осуществляемого при помощи интегрированного плазмотрона прямого действия: $P_{\text{л}}$ — мощность лазерного излучения, кВт; $I_{\text{д}}$ — сила сварочного тока, А; $Q_{\text{з.линзы}}$ — расход газа, защищающего фокусирующую линзу, л/мин; $Q_{\text{пл}}$ — расход плазмообразующего газа, л/мин; $Q_{\text{з}}$ — расход защитного газа, л/мин; $V_{\text{св}}$ — скорость сварки, м/ч

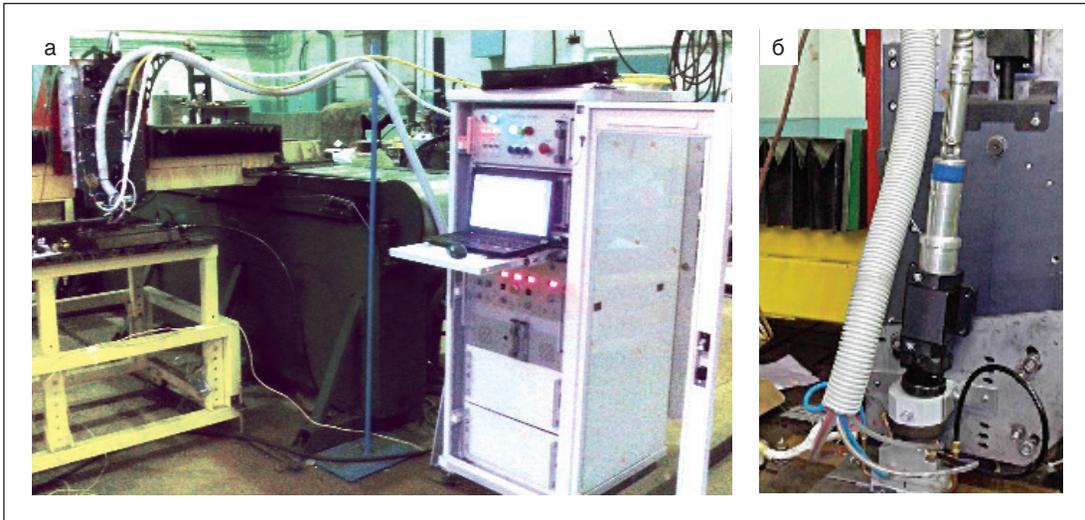


Рис. 2. Внешний вид комплекса лазерно-микроплазменной сварки (а) и гибридного плазмотрона (б)

них был изготовлен комплекс лазерно-микроплазменной сварки с гибридным плазмотроном, (рис. 2), позволяющий реализовать выбранную технологическую схему сварки. К отличительным особенностям этого плазмотрона относится расположение осей вольфрамового электрода и сфокусированного излучения под минимальными углами к вертикали. Для фокусирования излучения волоконного лазера модели YLR-400-АС фирмы IPG, Германия ($\lambda = 1,07$ мкм, мощность до 400 Вт) использовали линзу с фокусом 200 мм, предохраняемую от попадания сварочных аэрозолей газом (аргоном) и защитным стеклом. Дуговую плазму создавали при помощи вольфрамового электрода диаметром 1,6 мм и медного плазмобразующего сопла с отверстием диаметром 1,5 мм. В качестве защитного и плазмобразующего газа использовали аргон. Сила применяемого в экспериментах сварочного тока прямой полярности обычно не превышала 40 А при напряжении дуги до 22 В. Это связано с опасностью возникновения двойного дугообразования на больших токах.

Питание гибридного плазмотрона осуществлялось от источника питания МПУ-50,

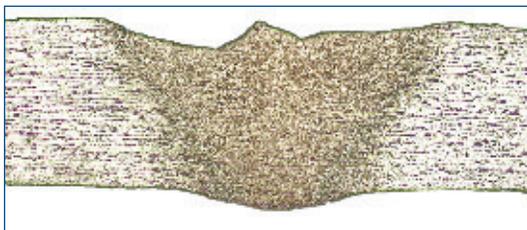


Рис. 3. Макроструктура поперечного сечения стыкового сварного соединения сплава АМг6 ($\delta = 1,4$ мм), выполненного плазменным способом со скоростью сварки 30 м/ч, $\times 25$

рассчитанного на непрерывные и импульсные сварочные токи силой до 50 А. Лазерное излучение вводилось в плазмотрон при помощи специально изготовленного коллиматора. Плазмотрон крепился на каретки трехкоординатного манипулятора, на рабочем столе которого располагали сварочную струбцину для фиксации образцов.

Материалом для свариваемых образцов послужили сплавы АМг2 ($\delta = 1$ и 2,5 мм), АМг4 ($\delta = 1$ мм) и АМг6 ($\delta = 1,4$ мм). Размер образцов лежал в пределах $(100 \dots 200) \times (10 \dots 50) \times \delta$ мм. В качестве защитного и плазмобразующего газа использовали аргон с расходами $Q_{пл} = 0,1 \dots 0,3$ л/мин, $Q_{защ} = 6-9$ л/мин, $Q_{линз} = 3-6$ л/мин. Сварка велась без подкладки. Сначала была предпринята попытка проведения лазерной сварки стыковых швов. Однако мощности непрерывного излучения 400 Вт оказалось недостаточно для получения провара глубиной более 0,1–0,3 мм. Затем проводили эксперименты по микроплазменной и гибридной сварке стыковых и торцевых соединений. При этом сила тока прямой полярности $I_{пр}$ находилась в пределах 10–40 А, обратной $I_{обр} - 6-15$ А, длительность импульсов прямой полярности $\tau_{пр}$ составляла 20 и 30 мс, а обратной $\tau_{обр} - 10$ мс.

В результате экспериментов по микроплазменной сварке разнополярными импульсами установлены следующие основные недостатки (рис. 3): в случае полного провара наблюдается провисание шва; на более высоких токах прямой полярности (свыше 30 А) наблюдается склонность к образованию подреза; при повышении скорости ($V \geq 40$ м/ч) снижается стабильность процесса.

В результате экспериментов по гибридной лазерно-микроплазменной сварке установили следующие основные преимущества: стабильность процесса на высоких (свыше 60 м/ч) скоростях сварки; уменьшение в 1,5–2 раза ширины швов; значительное снижение вплоть до полного устранения остаточных деформаций; отсутствие разбрызгивания. Установлена также следующая особенность процесса гибридной сварки — склонность к образованию подрезов при сварке стыковых соединений на токах прямой полярности свыше 30 А (рис. 4). Устранения этого недостатка можно добиться уменьшением силы сварочного тока до 15 А, снижением расхода плазмообразующего газа и скорости сварки, увеличением расстояния между плазмотроном и свариваемым образцом.

Избежать характерных дефектов лазерно-микроплазменной сварки алюминиевых сплавов можно путем подачи присадочного материала (при подаче проволоки — со скоростями, близкими к скорости сварки); сварки по отбортовке торцевых швов (рис. 5); сварки внахлест (требует тщательной подготовки поверхностей).

Для проведения металлографических исследований из сварных образцов в поперечном сечении швов вырезали темплеты. Чтобы выявить микроструктуру, проводили травление в растворе из 10 см³ плавиковой кислоты, 15 см³ соляной кислоты и 30 см³ воды. Полученные образцы изучали при помощи оптического микроскопа Neophot-30 при увеличениях от 25 до 500.

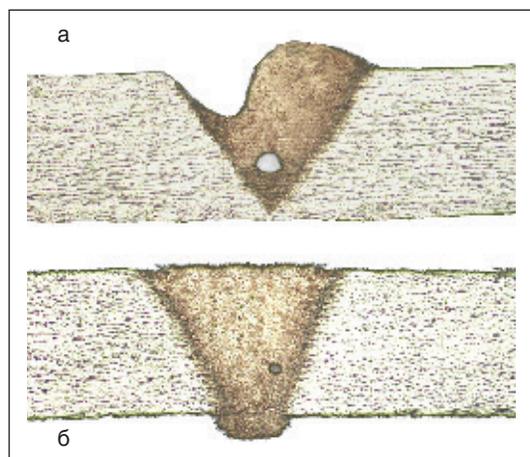


Рис. 4. Макроструктуры поперечных сечений провара (а) и стыкового соединения (б), выполненных гибридным способом на сплаве АМг6 ($\delta=1,4$ мм) со скоростью сварки 150 м/ч, $\times 25$

Были изучены панорамные виды швов, выполненных на сплавах АМг6 ($\delta=1,4$ мм) (см. рис. 3–5). На рис. 3 приведена макроструктура поперечного сечения сварного соединения, полученного плазменным способом на режиме $I_{пр}=30$ А, $I_{обр}=10$ А, $\tau_{пр}=20$ мс, $\tau_{обр}=10$ мс, напряжение дуги $U=19$ В, $V=30$ м/ч. Легко убедиться в наличии небольшого провисания шва. В целом шов имеет структуру, характерную для микроплазменной сварки. Макроструктура сварного шва мелкокристаллическая, плотная, без видимых дефектов. Ширина шва в верхней части составляет примерно 2,7 мм, в нижней — 0,7 мм. Размер ЗТВ достаточно невелик и составляет порядка 0,27 мм.

Далее изучали провар (см. рис. 4, а) и стыковой шов (см. рис. 4, б), выполненные гибридным способом. В обоих случаях режим сварки был одинаковым: $I_{пр}=30$ А, $I_{обр}=10$ А, $\tau_{пр}=20$ мс, $\tau_{обр}=10$ мс, $U=21,5$ В, $V=150$ м/ч, $P=400$ Вт, фокус на поверхности образца. Отличие глубины провара листа сплава АМг6 от глубины провара при сварке стыкового соединения связано с наличием зазора между свариваемыми кромками. Характерными дефектами являлись подрез с одной из сторон шва и образование внутренней поры диаметром 0,1–0,2 мм. Симметричность расположения подреза и поры объясняется газодинамикой струи аргоновой плазмы, истекающей из плазмообразующего сопла. Устранение этих дефектов связано с уменьшением давления дуги и плазмообразующего газа, а также с устранением его закручивания в сопловой части гибридного плазмотрона.

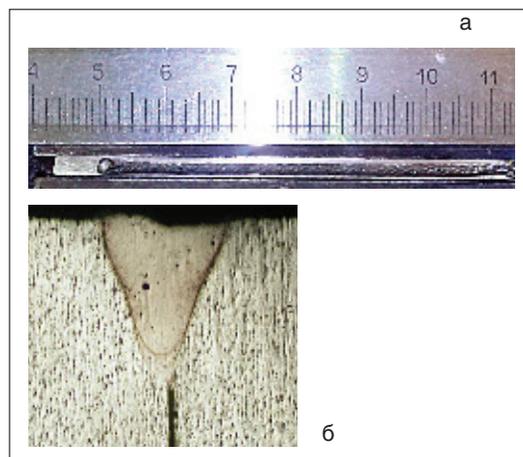


Рис. 5. Внешний вид (а) и макроструктура поперечного сечения (б, $\times 25$) качественного торцевого соединения сплава АМг6 ($\delta=1,4$ мм), выполненного гибридным способом со скоростью сварки 168 м/ч

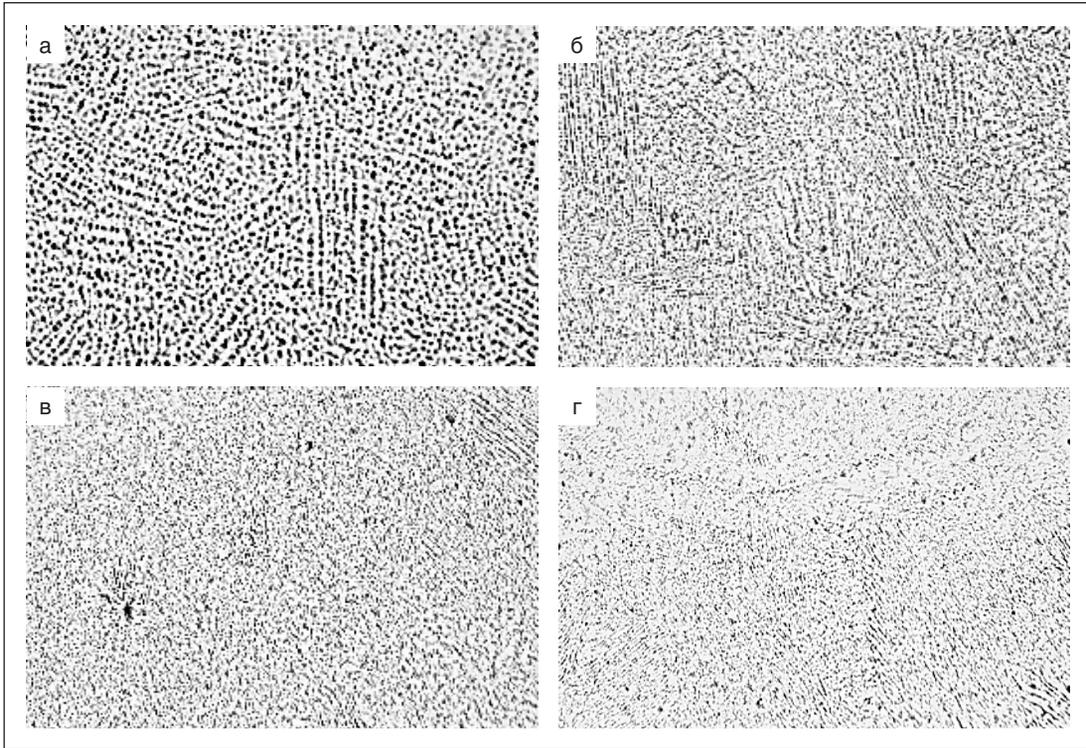


Рис.6. Микроструктуры металла швов, полученных плазменным (а), гибридным в стыковом соединении (б), гибридным в торцевом соединении (в) и лазерным (г) способами, $\times 500$

Торцевые соединения сплава АМг6 ($\delta = 1,4$ мм) выполняли гибридным (см. рис. 5) и лазерным (рис. 6) способами. Режим гибридной сварки был следующим: $I_{пр} = 12$ А, $I_{обр} = 7$ А, $\tau_{пр} = 30$ мс, $\tau_{обр} = 10$ мс, $U = 16$ В, $V = 168$ м/ч, $Q_{пл} = 0,1$ л/мин, $Q_{защ} = 9$ л/мин, $Q_{линз} = 3-6$ л/мин, $P = 400$ Вт, фокус на поверхности образца. При лазерной сварке наличие шва минимальных размеров было зафиксировано при скорости 110 м/ч и максимальной мощности излучения 400 Вт.

Отметим, что ширина шва и ЗТВ при гибридной сварке с увеличением скорости уменьшилась и составила: для стыкового соединения (см. рис. 4, б) 1,9 мм — ширина верха шва, 0,46 мм — ширина низа шва, 0,08 мм — ширина ЗТВ; для торцевого соединения (см. рис. 5, б) 1,14 мм — ширина верха шва, 0,39 мм — ширина низа шва, порядка 0,05 мм — ширина ЗТВ.

Более детально на рис. 6 показаны микроструктуры металла швов, полученных при микроплазменной, гибридной и лазерной сварке. Отдельно рассмотрена микроструктура стыкового и торцевого соединений, выполненных гибридной сваркой. Исследование микроструктуры всех полученных сварных соединений указывает на наличие в сварных швах дендритного строения литого металла, который к периферии становится несколько более грубым. Ме-

талл шва имеет довольно мелкозернистое строение (величина зерна около 50 мкм). При оценке дисперсности структуры металла швов исследуемых соединений наряду с объемной долей структурных составляющих, толщиной избыточных включений и их удельной поверхностью, основной характеристикой дисперсности структуры является дендритный параметр. Из сравнения микроструктур видно, что наиболее крупнодисперсная структура наблюдается при плазменной сварке, а наиболее мелкодисперсная — при лазерной. Дендритный параметр составляет около 4 мкм для плазменной сварки и уменьшается примерно в три раза для лазерной сварки. При гибридной сварке более мелкодисперсная структура наблюдается в случае торцевого соединения. Это связано не только с повышением скорости сварки, ставшим возможным из-за улучшения поглощения лазерного излучения в отбортовке, но и с повышением интенсивности теплоотвода в кромки с отбортовкой.

Исследование влияния технологических параметров сварки излучением CO_2 -лазера на особенности формирования стыковых соединений алюминиевого сплава АМг5 ($\delta = 1,5$ мм) проводили в Институте теоретической и прикладной механики им. С. А. Христиановича Сибирского отделения РАН.



Рис. 7. Внешний вид АЛТК «Сибирь 1»

Для этого использовали созданный здесь автоматизированный лазерный технологический комплекс (АЛТК) «Сибирь 1», включающий непрерывный CO₂-лазер мощностью до 8 кВт с параметром качества луча $K=0,7$, технологический стол портального типа и компьютерную систему управления АЛТК (рис. 7).

Для получения сварных соединений выбрали технологическую схему, приведенную на рис. 8. Лазерное излучение фокусировалось на поверхности металла с помощью ZnSe-линзы с фокусным расстоянием 254 мм. Соосно с лучом подавалась струя инертного газа гелия. Для защиты формируемого сварного шва использовали защитное сопло, из которого подавался тот же газ. Корень шва защищали инертным газом аргоном. В процессе проведения экспериментов над неподвижной заготовкой перемещали сварочную головку. В ходе исследований определяли оптимальные энергетические параметры лазерной сварки сплава АМг5.

Перед сваркой оксидную пленку с поверхности образцов удаляли с помощью раствора МР-35, разработанного в НИИХимПром

Таблица. Режимы сварки сплава АМг5 ($\delta=1,5$ мм) непрерывным излучением CO₂-лазера мощностью $P=3$ кВт.

Номер образца	V , м/ч	Δf , мм	Вид сварки
1	300	+2	Стыковая
2	300		Проход лучом по металлу
3	360		Стыковая
4	360		Проход лучом по металлу
5	420		Стыковая
6	420		Проход лучом по металлу

Примечание: V — скорость сварки, Δf — положение фокуса линзы относительно свариваемого листа

(РФ). Для сравнения получаемых результатов использовали стыковую сварку и проход лучом по металлу. Данные о режимах сварки приведены в таблице.

При сварке алюминиевых сплавов возможно образование пор, источником которых является водород, хорошо растворяющийся в алюминии при температуре плавления. Сплавы системы Al-Mg обладают повышенной склонностью к пористости при сварке, так как магний увеличивает растворимость водорода в алюминии. Согласно статистике, одним из основных дефектов (примерно 48% брака) сварных конструкций из алюминиевых и магниевых сплавов является газовая пористость. Поэтому в ходе данной работы была оценена пористость сварных швов. В результате визуально-оптического исследования установлено следующее.

При лазерной сварке на всех режимах наблюдается «чешуйчатость» (рис. 9–12). Это связано с тем, что процесс лазерной сварки сопровождается кипением, испарением и резким волнообразным охлаждением материала в сварочной ванне. Поры, кратеры в сварном шве и капли металла, обра-

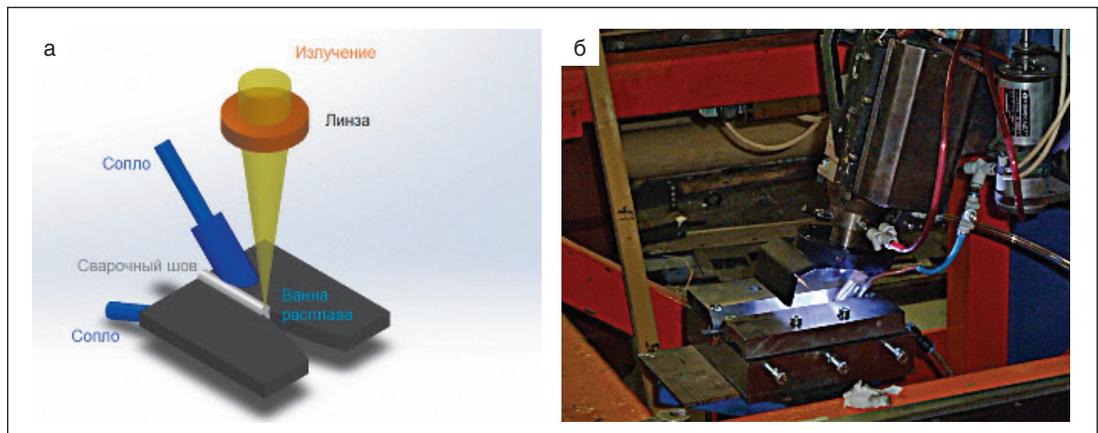


Рис. 8. Технологическая схема лазерной сварки (а) и лабораторный стенд (б)

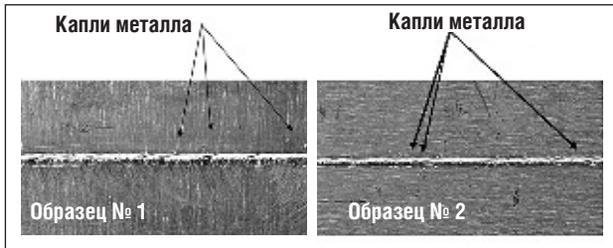


Рис. 9. Образцы № 1 и 2, сваренные излучением CO₂-лазера со скоростью 300 м/ч, ×3

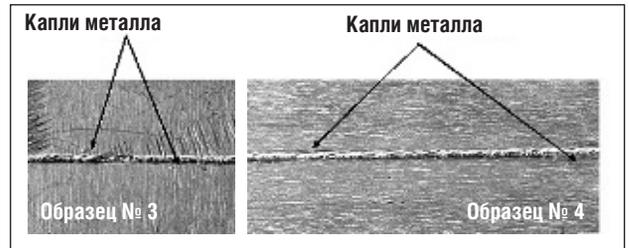


Рис. 10. Образцы № 3 и 4, сваренные излучением CO₂-лазера со скоростью 360 м/ч, ×3

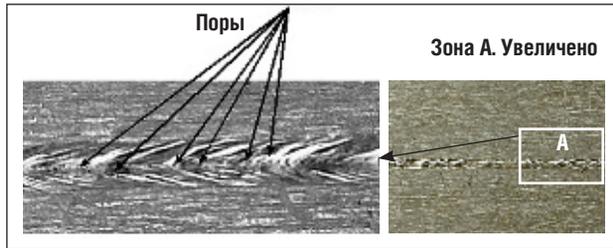


Рис. 11. Вид корневой части сварного шва образца № 4, ×3

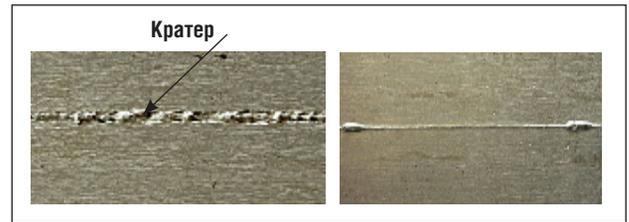


Рис. 12. Шов на образце № 6, полученный сваркой излучением CO₂-лазера со скоростью 420 м/ч, ×3

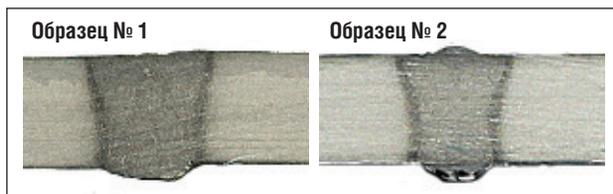


Рис. 13. Макроструктуры сварных швов образцов № 1 и 2, ×20

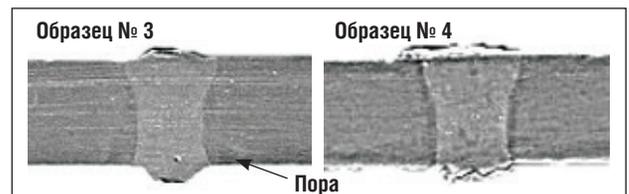


Рис. 14. Макроструктуры сварных швов образцов № 3 и 4, ×20

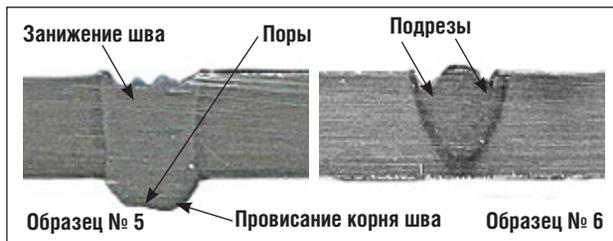


Рис. 15. Макроструктуры сварных швов образцов № 5 и 6, ×20

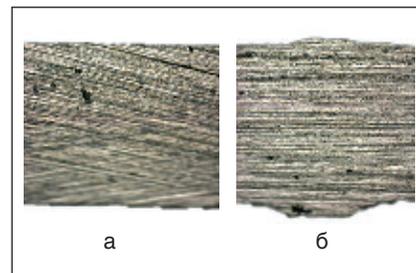


Рис. 16. Макроструктуры металла (а) и сварного шва (б) при скорости сварки 240 м/ч, полученные с помощью микроскопа OLIMPUS EXT 2000

зовавшиеся во время сварки, являются дефектами сварных соединений. В начальный момент сварки наблюдаются многочисленные поры, что определяется непостоянством скорости сварки, обусловленной системой работы технологического стола. С увеличением скорости процесса наблюдается непровар (см. рис. 12), обусловленный снижением энергии, вкладываемой в единицу объема расплавляемого металла.

Для исследования структуры сварных швов изготавливали по два макрошлифа из каждого образца. В качестве травящего реактива использовался реактив Келлера. Для сварных швов, выполненных на

различных режимах, характерным является наличие рассеянных пор (рис. 13–15). Для образцов, сваренных встык излучением CO₂-лазера со скоростью 420 м/ч, характерно провисание сварного шва, превышающее 10% от толщины металла. При этом на проплавленных цельных образцах наблюдаются подрезы. При оптимальных параметрах процесса наблюдается небольшая пористость сварного соединения (поры диаметром 0,1–0,2 мм), допускаемая ПИ. Стоит заметить, что в основном металле также наблюдается небольшая пористость (рис. 16).

● #1418

Импульсно-плазменное модифицирование рабочей поверхности инструмента из быстрорежущей стали

Ю. Н. Тюрин, д-р техн. наук, Л. И. Маркашова, д-р техн. наук, О. В. Колисниченко, канд. техн. наук, И. В. Дуда, М. Л. Валевиц, канд. техн. наук, Д. Г. Богачев, Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины

В машиностроении широко используют лезвийный металлообрабатывающий инструмент: пилы, метчики, долбяки, концевые и цилиндрические фрезы, шпоночные, шлицевые и фасонные протяжки, сверла и др. Разрушающая нагрузка в инструменте действует, в основном, на переднюю поверхность режущего лезвия. По задней поверхности лезвия идет заточка инструмента. Этот инструмент, как правило, изготавливают из инструментальной быстрорежущей стали Р6М5, которая предназначена для работы в условиях высоких контактных нагрузок и температур. Представляет интерес улучшение комплекса физико-механических свойств рабочего слоя на передней поверхности режущего лезвия без разупрочнения всего объема металла инструмента.

Для упрочнения металлообрабатывающего инструмента из быстрорежущей стали используют методы поверхностной обработки концентрированными источниками энергии: лазерным и электронным лучами, плазменной струей. Но особенности теплоотвода от острого лезвия инструмента ограничивают использование этих методов. Высокая плотность мощности и длительная продолжительность теплового воздействия при использовании данных источников нагрева могут привести к перегреву острого лезвия и его разупрочнению.

Вакуумные методы плазмохимического синтеза и осаждения покрытий обеспечивают создание высокопрочной пленки (продуктов синтеза) на поверхности инструмента. Эти технологии реализуют на достаточно дорогом и энергоемком оборудовании, напыляемая поверхность требует тщательной подготовки, очистки, активации. Качественные покрытия осаждаются при температуре инструмента, близкой к температуре отпуска стали Р6М5.

В ИЭС им. Е. О. Патона разработан и изготавливается комплекс оборудования для импульсно-плазменной обработки (ИПО) рабочих поверхностей деталей машин и инструмента. Оборудование позволяет совмещать комплексное циклическое (1–8 Гц) импульсное ($t_{\text{имп}} = 0,2 \dots 0,6$ мс) воздействие на поверхность обрабатываемого изделия: тепловое (до 10^6 Вт/см²) и электромагнитное (плотность тока до 10 кА/см², напряженность магнитного поля до $4 \cdot 10^5$ А/м). Основой нестандартного оборудования является генератор импульсной плазмы — плазматрон и электронный пульт управления системами подачи горючих газов, иницирования детонации, включения индуктивно-конденсаторного преобразователя электрической энергии (рис. 1). Пульт управления также отслеживает работу всех систем и обеспечивает безопасность работ путем контроля блокировочных сигналов.

Принцип работы генератора плазмы основан на разряде индуктивно-емкостного накопителя энергии через продукты детонационного сгорания горючих газовых смесей в коаксиальном межэлектродном зазоре плазматрона. Этот принцип существенно упрощает конструкцию плазматрона. А опыт работы плазматронов в промышленности подтвердил их высокую работоспособность, простоту в обслуживании и ремонтпригодность. Принятый принцип генерирования импульс-



Рис. 1. Часть оборудования для импульсно-плазменной обработки: а — генератор импульсной плазмы; б — автоматизированный пульт управления

ной плазмы позволяет упростить технологическое оборудование, которое отличается высокой надежностью и практически полностью комплектуется из стандартных элементов. Пульт управления состоит из стандартных приборов. Он обеспечивает управление подачей компонентов горючей газовой смеси, инициирование в ней детонационного режима сгорания и включение высоковольтного источника. В пульт заведены контакты от блокировочных реле, что позволяет контролировать и обеспечивать безопасность выполнения работ.

Технологические перемещения плазматрона и (или) упрочняемого изделия осуществляют с использованием стандартных двух-трехпозиционных манипуляторов или роботов.

ИПО осуществляют на воздухе, она не требует очистки и подготовки поверхности изделия. Технология весьма эффективна для упрочнения крупногабаритного инструмента, так как обрабатывается только рабочая поверхность режущего лезвия, что исключает нагрев и разупрочнение. Кроме того, модифицирование передней поверхности инструмента позволяет выполнить заточку инструмента и сохранить эффект от упрочнения в течение четырех-пяти переточек.

На рис. 2 показан зуб пилы, которая собрана из сегментов. Зубья упрочнены по передней поверхности. При эксплуатации острая кромка зуба пилы затупляется, и последующая ее заточка (три – пять раз) обеспечивает ее остроту и сохранение работоспособности.

Импульсно-плазменная обработка обеспечивает локальное и кратковременное воздействие на тонкий поверхностный слой изделия. Высокая плотность энергии оказывает влияние на структурные изменения и физико-механические свойства слоя инструментальной стали.

Работы по исследованию структуры и свойств поверхностного слоя проводили на образцах из быстрорежущей стали Р6М5, которые подвергали стандартной термической обработке – закалке и отпуску. ИПО проводили в режиме косвенного воздействия импульсной плазмой.

В результате исследований выявлено (рис. 3), что структура основного металла ($\delta > 100$ мкм от обрабатываемой поверхности) состоит из мелкоигольчатого мартен-

сита ($D_3 \sim 2,5 \dots 10$ мкм и $V = 70\%$), остаточного аустенита ($D_3 \sim 2,5 \dots 10$ мкм, $V = 20\%$) и карбидов ($D_3 \sim 0,5 \dots 20$ мкм, $V = 10\%$). Интегральная микротвердость сплава находится на уровне примерно 7010 МПа. Объемная доля упрочняющих карбидных частиц, расположенных в объемах зерен, составляет 8% при общей доле карбидов в материале 18%.

При использовании ИПО образцов с применением электрического разряда косвенного действия в обработанном слое (δ от 0 до 40 мкм) происходит измельчение в 1,5–2 раза аустенитно-мартенситных структурных составляющих ($D_3 \sim 1,5 \dots 5$ мкм), увеличение на 20% микротвердости HV до 9200 МПа (рис. 4).

Объемная доля упрочняющих карбидных частиц, расположенных в зернах, соответствует их доле в основном металле. Трещинообразования в поверхностных слоях после ИПО не наблюдается. Измельчение зерна в слое быстрорежущего сплава связано с легированием аустенита при растворении вторичных карбидов. При этом первичные карбиды не растворяются и тормозят рост зерна аустенита. Исследованиями концентрационных изменений химических элементов (Fe, Cr, W, V, Mo) по глубине слоя образцов из сплава Р6М5, обработанных ИПО, установлено их равномерное распределение, что свидетельствует об



Рис. 2. Схема упрочняющей обработки и последующей технологии заточки зубьев пилы

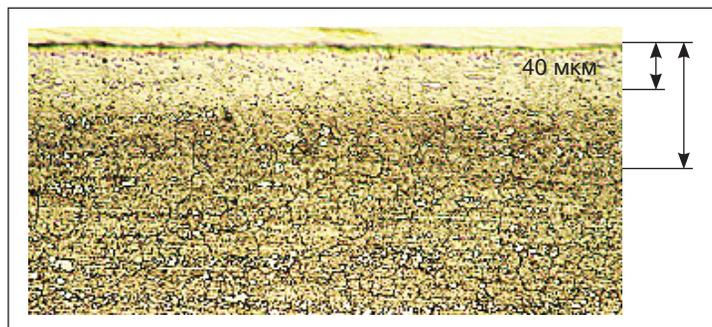


Рис. 3. Структура поверхностного слоя стали Р6М5 после импульсно-плазменной обработки, х500

отсутствии дополнительного легирования приповерхностных слоев за счет материала электрода. В сплаве имеются карбиды сложного химического состава типа Me_6C глобулярной формы $(FeCr)_3(W, Mo)_3C$ с преобладанием вольфрама с размерами частиц $d_{ч} \sim 0,21 \dots 2$ мкм.

Исследованиями тонкой (дислокационной) структуры слоя на поверхности образца модифицированного ИПО

установлено, что в обработанном слое (δ до 40 мкм) происходит повышение плотности дислокаций ρ до $2 \cdot 10^{11} \text{ см}^{-2}$ в мартенсите по сравнению с ρ до 10^{11} см^{-2} в основном металле. Это согласуется с результатами измерения микротвердости, которое выполняли оптическими методами.

Исследованиями установлено, что в приповерхностных слоях сплава Р6М5 после ИПО происходит диспергирование структуры, увеличение плотности дислокаций и равномерное ее распределение. Наблюдается также отсутствие значительных градиентов по дислокационной плотности, что положительно сказывается на прочности материала приповерхностных слоев. Отмечено, что в результате ИПО в приповерхностных слоях материала отсутствуют очаги зарождения и распространения трещин (не формируются резкие градиенты напряжений — протяженные дислокационные скопления), что способствует высокой трещиностойкости сплава. Прочность повышается в результате измельчения структуры, повышения общей плотности дислокаций, а также дисперсионного упрочнения сплава.

Аналитическая оценка прочностных свойств ($\sigma_{0,2}$) модифицированного слоя сплава Р6М5 за счет изменения структурных параметров показала, что общий уровень прочности $\sigma_{0,2}$ повышается на 25% (1400–2160 МПа при 1300–1800 МПа в основном металле). Это обусловлено возрастанием вклада отдельных составляющих, а именно: субструктурного ($\Delta\sigma_c$ до 490–870 МПа), зеренного ($\Delta\sigma_z$ до 440–640 МПа), дислокационного ($\Delta\sigma_d$ до 200–283 МПа) упрочнений, а также упрочнения за счет дисперсных частиц ($\Delta\sigma_{ч}$ до 60–150 МПа).

На импульсно-плазменных установках были упрочнены промышленные партии различного лезвийного инструмента, изготовленного из стали Р6М5. Некоторые типы инструмента показаны на рис. 6. Промышленные испытания инструмента показали, что его работоспособность, как правило, повышается в 2–3 раза. Инструмент восстанавливали способом абразивного зачистывания по задней кромке, и эффект от упрочняющей обработки сохранялся до 3–5 переточек.

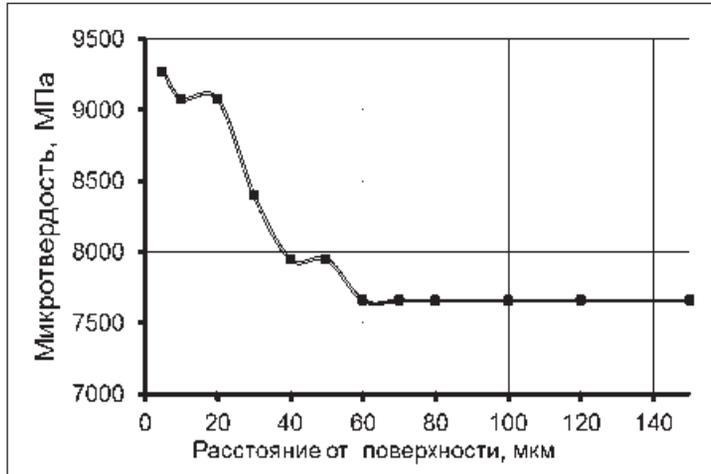


Рис. 4. Изменение микротвердости по глубине модифицированного слоя в стали Р6М5 после ИПО

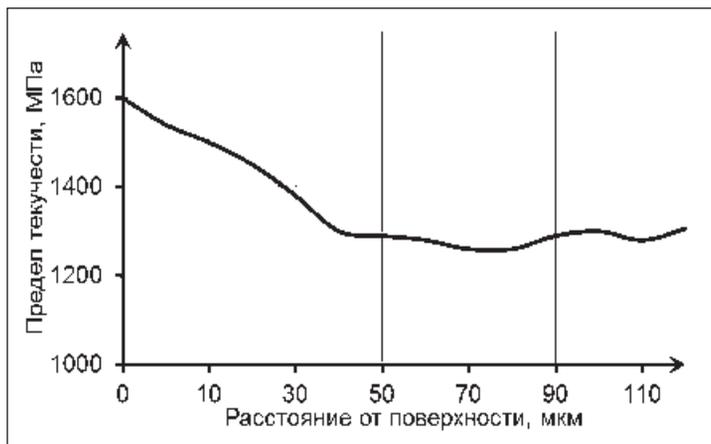


Рис. 5. Изменение предела текучести ($\sigma_{0,2}$) по глубине обработанного слоя стали Р6М5 после ИПО

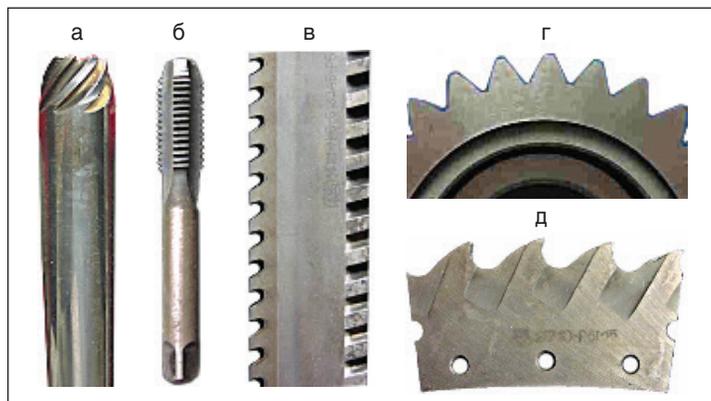


Рис. 6. Инструмент после ИПО: а — концевая фреза; б — метчик; в — протяжка; г — зуборезная фреза; д — часть составной пилы

Влияние вида материала и технологии распыления на строение плазменной струи и величину ее давления на подложку

О. Г. Быковский, д-р техн. наук, А. Н. Лаптева, А. В. Фоменко, Запорожский национальный технический университет, А. В. Чечет, АО «Мотор-Сич»

При плазменном напылении в качестве распыляемого материала используют различные порошки и проволоку. Введенные в столб плазменной струи, они разогреваются до высокой температуры и с большой скоростью (100–200 м/с) соударяются с подложкой, формируя покрытие заданного состава. При этом порошкообразные материалы плохо прогреваются в высокотемпературной зоне плазмы вследствие малого времени пребывания в ней (примерно 10–3 с), формируя факел из газовой плазмы и расплавленных капель с высокотемпературной частью в центре и низкотемпературной на периферии.

Плазма с частицами образует рассредоточенный факел (рис. 1, а), вследствие чего его плотность уменьшается, как и силовое воздействие на подложку. Собранные в калориметр крупные частицы в основном имеют неправильную форму с оплавленными краями. Мелкие частицы перегреваются выше температуры кипения, частично переносятся в парообразном состоянии, коагулируют и приобретают правильную сферическую форму.

При распылении токоведущей проволоки вначале происходит ее капельное плавление, после чего отдельные капли вытягиваются в нитевидные микроструи различной длины

и толщины, формируя более компактное и плотное пятно на подложке (рис. 1, б). Этому способствует также дополнительное обжатие плазменной струи транспортирующим холодным воздухом, в результате чего плотность энергии и давления возрастают. Такой характер переноса частиц токоведущей проволокой справедлив как при распылении сравнительно легкоплавких материалов (алюминий, медь и ее сплавы, стали), так и тугоплавких (молибден, вольфрам). Собранные в калориметр частицы имеют правильную сферическую форму различного размера (рис. 2), причем размеры капель, по-видимому, определяются объемом жидкого металла в каждой микроструе. Различия в химическом составе и агрегатном состоянии исходных материалов сказывается не только на строении плазменно-металлической струи, но и на нагреве материалов в струе плазмы и ее силовом воздействии на подложку. Соударение высокотемпературной плазменной струи, содержащей металлические частицы, сопровождается зна-

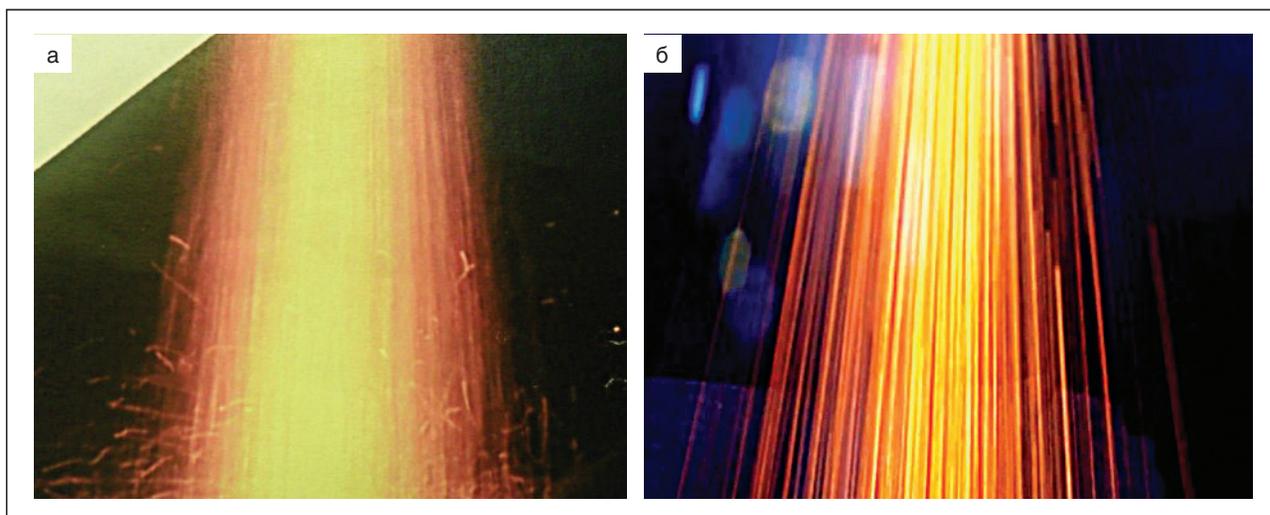


Рис. 1. Внешний вид факела распыленного порошкообразного материала ПЦПК 63Н30 (а) и микроструй из распыленной токоведущей медной проволоки М1 (б)

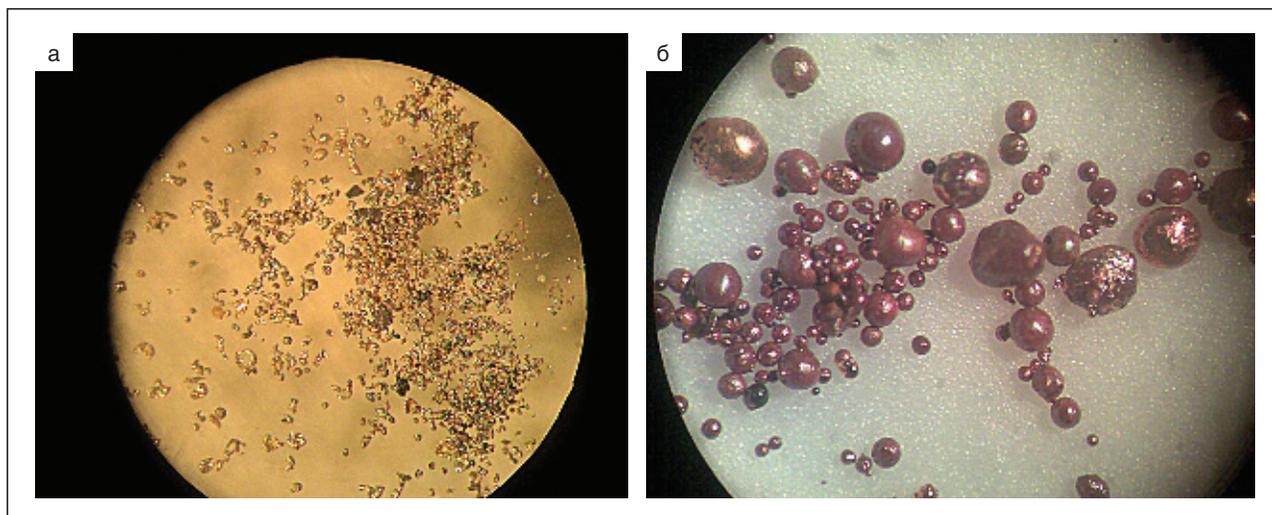


Рис. 2. Внешний вид частиц, распыленных в калориметр, порошком ПРЛ 63 (а) и токоведущей проволокой М1 (б), $\times 50$

чительным силовым давлением, что влияет на эффективность физико-химического взаимодействия в контакте струя – подложка и в конечном итоге определяет прочностные и специальные свойства покрытия.

Это давление состоит из напорной или динамической составляющей и импульсной составляющей, определяемой эффектом гидравлического удара. Действие последней проявляется в очистке поверхности подложки и создании физического контакта за время примерно 10–9 с, а ее величина может составлять от 300 до 1000 МПа. Напорное давление по длительности действия на 2–3 порядка превосходит длительность импульсивного давления и может составлять 50–100 МПа. Очевидно, что для отдельно взятой частицы, диаметр которой до удара близок к площади участка контактной поверхности, эти теоретические значения могут иметь место, хотя экспериментально определить величину давления отдельной капли за столь короткий промежуток времени не представляется возможным. Поэтому такая величина напорного давления вызывает сомнение, особенно, если выполнить соответствующие расчеты.

В то же время, при использовании пьезоэлектрических и интерферометрических методов измерения давления водородной плазменной струи в процессе облучения материалов импульсным источником плотной плазмы с большой кинетической энергией, было установлено, что на расстоянии 155 мм максимальное ее значение составляет 0,23 МПа, хотя параметры режима при этом не были указаны.

В реальных условиях плазма с металлическими частицами продолжительное время действует на гораздо большую площадь, образуемую пятном напыления; величина давления по диаметру пятна нагрева неравномерна и, очевидно, будет подчиняться, как и температура, закону нормального распределения. Именно эта величина давления будет оказывать воздействие на формирование реального плазменного покрытия.

Авторами статьи было проведено прямое измерение величины давления плазменных струй с металлическими компонентами, без них, а также давление холодных газовых струй.

Порошки напылялись на установке плазменного напыления плазмотроном METCO 9MC с подачей порошка в плазменную струю под прямым углом на расстоянии 5–6 мм от среза сопла плазмотрона, а токоведущая медная проволока распылялась плазмотроном фирмы «Плазматех».

Величину давления плазменных струй измеряли на расстоянии 100 мм от среза сопла до подложки с помощью электронных весов марки SF 400 с точностью до 1 г.

Таблица 1. Состав материалов и параметры режима их распыления

Материал	Параметры режима процесса								
	Размер фракций, мкм	$I_{св}$, А	$U_{д}$, В	$Q_{пор}$, г/мин	Расход газа, л/мин				
					плазмообразующего		транспортирующего		
Ar	N ₂	Ar	Воздух						
ПЦПК 63Н30 70% ZrO ₂ + 30% Ni	60–100	560	53	41,5	38	10,6	9,5	—	
ПКХТН 30 30% (TiC + Cr ₃ C ₂) + + 70% Ni	60–100	600	50	47	38	10,6	9,5	—	
ПРЛ 63 63% Cu + 30% Zn	40–100	410	35	50	36	—	9,5	—	
Медь М1	$d_{эл} = 1,6$ мм	200	68	—	40	—	—	150	

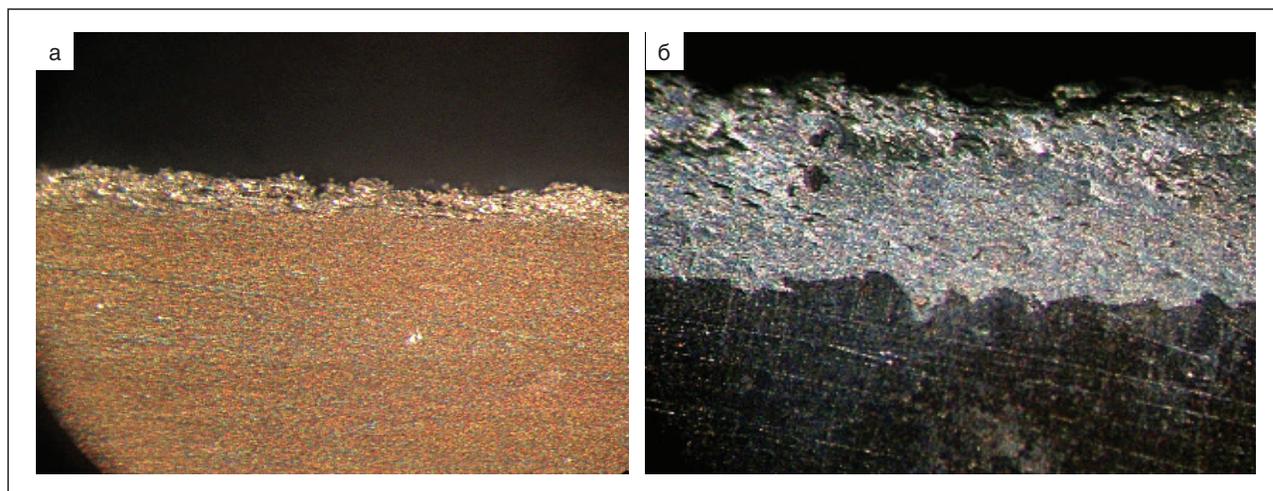


Рис. 3. Формирование покрытия, выполненного напылением порошком ПЦПК 63Н30 (а) и алюминиевой проволокой А0 (б) на сталь Ст3, $\times 50$

Материалы и параметры режима процессов приведены в табл. 1.

Выбранные для исследования материалы находят практическое применение в авиамоторостроении: порошок ПЦПК 63Н30 наносится в качестве теплозащитного покрытия на детали из стали ЭИ 961, порошок ПКХТН 30 наносится в качестве теплозащитного покрытия на детали из титана марки ВТ6, а порошок ПРЛ 63 наносится на детали из стали ЭИ 961 в качестве материала для приработки изделия. Медная проволока марки М1 распрыскивается на контактные поверхности алюминиевых изделий, применяемых в электротехнике, для повышения их электропроводности.

Азот добавляли в состав плазмообразующего газа для получения оптимальной величины напряжения при распылении порошков.

Установлено (табл. 2), что напорное давление плазмы с металлическими порошкообразными частицами в среднем в 2 раза превышает давление чистой плазменной струи. Холодная газовая струя с теми же параметрами расхода практически не оказывает давления на подложку, величина усилия воздействия не превышает 1 г.

Покрытие, нанесенное порошкообразными материалами, формируется из отдельных капель, которые при затвер-

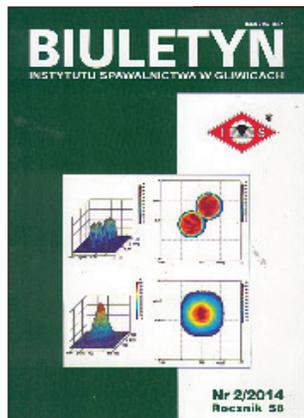
девании действительно образуют «сплеты», часто перекрывающие друг друга. Однако при этом иногда остаются участки, не заполненные металлом, и отдельные поры, что не обеспечивает его сплошности и плотности (рис. 3, а). По-видимому, это связано с недостаточной температурой перегрева капель и меньшим напорным давлением, не обеспечивающим полноценное растекание металла по поверхности.

В то же время при распылении токоведущей медной проволоки напорное давление оказывается на порядок выше по сравнению с давлением распыляемых порошков, что примерно при одинаковых значениях удельного веса этих материалов можно отнести за счет значительного воздействия высокого расхода транспортирующего газа — воздуха. Это нашло свое подтверждение при воздействии на чашу весов только холодной смеси из аргона и воздуха, когда напорное давление составило 0,016 МПа. Следовательно, вклад воздействия плазменной струи с металлом и транспортирующим воздухом составили 0,0052 МПа, или 25%. С учетом этого обстоятельства можно считать, что нитевидные металлические микроструи, попадая на шероховатую подложку, образуют значительные по объему участки перегретого жидкого металла, которые под действием напорного давления растекаются по шероховатой поверхности и в сочетании с капиллярным эффектом заполняют микронеровности и микропоры, обеспечивая получение качественного плотного соединения в контакте подложка — напыленный слой (рис. 3, б).

Таблица 2. К расчету напорного давления в пятне нагрева подложки

Напыляемый материал	Пятно нагрева		Усилие воздействия, г		Напорное давление σ , МПа	
	Диаметр, мм	Площадь, мм ²	Плазма с металлом	Плазма без металла	Плазма с металлом	Плазма без металла
ПЦПК 63Н30	16	201	48	21	0,0023	0,0011
ПКХТН 30	19	283	51	21	0,0018	0,0007
ПРЛ 63	22,5	379	20	12	0,0005	0,0003
Медь М1	12	113	240	—	0,0212	—

Примечание. Усилие воздействия плазмы без металла измерялось без подачи транспортирующего порошка газа.



**Содержание журнала
«Biuletyn Instytutu Spawalnictwa w Gliwicach» (Польша)
№ 2–2014**

Б. Е. Патон. Исследования и разработки ИЭС им. Е. О. Патона для современной энергетики

М. Banasik. Лазерная резка. Прогресс в развитии оборудования

A. Pietras, M.St. Weglowski. Дефекты в соединениях, полученных сваркой трением с перемешиванием FSW и неразрушающие методы контроля

T. Pfeifer. Применение тока переменной полярности при MIG сварке сплавов алюминия

A. Sawicki. Влияние квазистатических изменений давления газа на моделирование

электрической дуги электротехнологических установок

R. Schafer, P. Pasquale. Промышленное использование магнитного импульса (EMPT) при формировании, сварке давлением, сжатии и резке



**Содержание журнала
«Welding & Material Testing» (Румыния)
№ 1–2014**

J. Genov, V. Kamburov, A. Nikolov, Y. Sophronov. Напряженное состояние при высокой пластической деформации двутаврового равнополочного швеллера

S. Galatanu, L. Kun, H. Dascau, M. Dome. Исследование воздействия вредных и опасных факторов на работников сварочного производства

J. Bendayan. Анализ повреждений гребня турбины

D. Coman, N. Vrinceanu, S. Oancea. Инновационные эко-окрашенные композитные материалы



**Содержание журнала
«В Мире неразрушающего контроля» (Россия)
№ 1–2014**

Е. М. Вышемирский. Техническая политика ОАО «Газпром» в области сварочного производства и неразрушающего контроля качества сварных соединений

В. В. Козлов. Особенности организации и проведения НК в ООО «Газпром трансгаз Томск». Квалификационные испытания мобильного дефектоскопического комплекса для рентгентелевизионного контроля качества сварных соединений труб газопроводов

В. М. Силкин, Ю. А. Соловьев, Е. О. Стеклова, Д. Г. Будревич, Э. Р. Кривцов, А. А. Латышев, З. В. Ключев, Ф. В. Квасов, И. И. Михайлов. Особенности квалификации и внедрения АУЗК сварных соединений сухопутных участков

газопроводов с применением многоэлементных акустических систем (фазируемых решеток)

А. В. Иванов, В. А. Чайковский, И. А. Шундрик. Опыт применения TOFD (дифракционно-временного метода УЗК) при контроле сварных соединений трубопроводов и толстостенных объектов

Т. Н. Белослудцев, А. Ю. Котоломов, Д. С. Тихонов. Проблемы выявления дефектов продольных швов труб под заводской изоляцией при капитальном ремонте технологических трубопроводов компрессорных станций с применением внутритрубных ультразвуковых систем

А. Н. Варламов. Опыт эксплуатации комплекса цифровой радиографии в полевых условиях: положительные и отрицательные стороны

В. И. Хоменко, А. Я. Сударкин, И. Л. Семенов. Компьютерная паспортизация качества соединений, выполненных стыковой контактной сваркой оплавлением

Оцінка економічної складової ефективності працезохоронних заходів у зварювальному виробництві

О. Г. Левченко, д-р тех. наук, Інститут електрозварювання ім. Є. О. Патона НАН України,
Ю. О. Полукаров, канд. техн. наук, Національний технічний університет України «КПІ»

Як свідчить статистика останніх років, рівень професійної захворюваності в країні залишається ще високим, а планування заходів, спрямованих на поліпшення умов праці, відбувається без належного наукового обґрунтування.

На сьогоднішній день одним з найважливіших технологічних процесів сучасного виробництва є зварювання. У зварювальному виробництві індустріально розвинутих країн зайнято сотні тисяч зварників. Їхню працю характеризує високий ступінь ризику травматизму та розвиток професійних захворювань, оскільки вона пов'язана з впливом на організм працюючого численних небезпечних та шкідливих виробничих факторів (НШВФ), джерелами яких є зварювальні технологічні процеси та матеріали. Незважаючи на те, що для зниження впливу НШВФ застосовують комплекс різноманітних заходів технологічних, санітарно-технічних, організаційних та лікувально-профілактичних, рівень професійної захворюваності серед зварників продовжує лишатись на високому рівні.

Здійснення профілактичних заходів захисту від шкідливих речовин (зварювальних аерозолів), що утворюються під час зварювання, повинно базуватися на удосконаленні технологічних процесів, застосуванні сучасних засобів колективного та індивідуального захисту працюючих, використанні науково обґрунтованих методів боротьби зі шкідливими виробничими факторами. В той же час питання економічного обґрунтування заходів, спрямованих на зниження ризику професійної захворюваності, залишається невирішеним. Отже, розробка раціональних методів вибору засобів захисту працюючих у залежності від комплексної оцінки умов праці та з урахуванням витрат на реалізацію цих заходів є актуальним науково-технічним завданням.

З метою забезпечення належного рівня прийняття управлінських рішень розроблено алгоритм планування працезохоронних заходів у зварювальному виробництві, який регламентує порядок обліку факторів, що комплексно характеризують систему «людина – зварювальне виробництво – виробниче середовище».

Для автоматизації введення та зберігання початкових даних, візуалізації результатів, проведення розрахунків при реалізації алгоритму розроблено інформаційно-аналітичну систему забезпечення захисту (ІАС 33). Алгоритм планування

працезохоронних заходів складається з наступних етапів.

1. Аналіз виробничої програми, який передбачає визначення на плановий період обсягів зварювальних робіт з урахуванням номенклатури зварювальних та витратних матеріалів тощо. Аналіз умов праці передбачає вивчення ситуації щодо умов під час виконання зварювання та вентиляції робочих місць, ступеня забезпеченості працівників засобами індивідуального захисту органів дихання (ЗІЗОД) та ін. Проводиться формування масивів даних на паперових носіях.

2. Введення підготовлених масивів даних до відповідних баз даних (БД). При цьому виявляються та усуваються помилки, за необхідності уточнюються окремі дані.

3. Розрахунок ризику R_p професійного захворювання (ПЗ) виконується з використанням введених початкових даних і накопичених статистичних даних.

На основі узагальнених результатів досліджень алгоритм оцінки ризику ПЗ працівників зварювального виробництва передбачає виконання послідовності підетапів, на кожному з яких оцінюється багато факторів, виконуються необхідні розрахунки та зберігаються проміжні результати.

Підетап 3.1. Моделювання інтенсивності утворення зварювального аерозолі (ЗА) для визначеного типу електрода:

$$V = V(D, I, B), \quad (1)$$

де V – інтенсивність утворення ЗА, г/хв; D – діаметр електрода, мм; I – сила зварювального струму, А; B – рід струму.

Підетап 3.2. Моделювання концентрації ЗА:

$$C = F(V, U, M, Q), \quad (2)$$

де C – концентрація ЗА, мг/м; V – інтенсивність утворення ЗА, г/хв; U – умови зварювання; M – витрати зварювального матеріалу, кг; Q – умови вентиляції робочих місць.

Середньозважена концентрація за зміну розраховується за формулою:

$$C_{сз} = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^n C_i \cdot t_i, \quad (3)$$

де, $\sum_{i=1}^n t_i$, n – кількість проміжків часу, протягом кожного з яких концентрацію можна вважати незмінною.

Підман 3.3. Визначення величини середньозмінного експозиційного пилового навантаження на організм працівника (зварника):

$$W_{CЗ} = C_{CЗ} \cdot L \cdot T \cdot Z, \quad (4)$$

де $W_{CЗ}$ — середньозмінне пилове навантаження на організм працівника, мг; $C_{CЗ}$ — середньозмінна концентрація пилу в повітрі робочої зони, мг/м; L — середньозмінний об'єм легеневої вентиляції, м³/хв; Z — коефіцієнт проникання ЗІЗОД, що використовується; T — час (протягом зміни) безпосереднього контакту працівника з пилом, хв.

Підман 3.4. Моделювання ризику ПЗ:

$$R = F(G, S, K, W) = F[G, S, K, W(C(V(D, I, B))L, T, Z)] \quad (5)$$

де R — ризик ПЗ; G — вік працівника, роки; S — загальний стаж роботи працівника, роки; K — стаж роботи в контакт з пилом, роки; W — середнє пилове навантаження на організм працівника, мг.

Підман 3.5. Підстановка числових значень факторів, що апроксимують параметри зварювання, умови праці, антропологічні дані працівника (групи працівників) в узагальнену формулу (5) та розрахунок величини ризику профзахворювання R_p .

4. Порівняння розрахункового R_p та гранично допустимого R_r значень ризику. Якщо величина розрахункового ризику перевищує величину гранично допустимого, необхідно вживати необхідних заходів технічного або організаційного характеру для зниження рівня ризику (управління ризиком). Якщо величина R_p виявилась не більшою за величину R_r , то це означає, що для працівника (групи працівників) можна не вживати ніяких додаткових заходів, спрямованих на зменшення ризику ПЗ (перехід до етапу 12).

5. Аналіз технологічних факторів з метою виявлення можливості зміни окремих параметрів для зменшення інтенсивності утворення ЗА. На цьому етапі ретельно вивчається технологічний процес зварювання, оцінюється можливість переходу до використання інших, менш шкідливих марок електродів чи інших видів зварювальних матеріалів, інших величин зварювального току тощо. В окремих випадках доцільно вивчати передовий досвід інших підприємств, залучати експертів, ознайомлюватися з результатами наукових та прикладних досліджень з цього питання.

6. Оцінка можливості зниження інтенсивності утворення ЗА. Якщо така можливість є, а її реалізація не призведе до проблем з виконанням виробничої програми, переходимо до етапу 7, в іншому разі — до етапу 8.

7. Проведення заходів зі зниження інтенсивності утворення ЗА. Перехід до етапів 3 та 4: проведення повторного розрахунку величини R_p та повторної оцінки $R_p \leq R_r$.

8. Цей етап виконується за умови, якщо розрахунковий рівень ризику професійного захворювання не було знижено до гранично допустимого значення в результаті поглибленого аналізу техноло-

гічних факторів та реалізації відповідних заходів. В цьому разі проводиться аналіз факторів, що характеризують організацію роботи, насамперед умови під час зварювання, обсяги витрат зварювального матеріалу та умови вентиляції робочих місць. За результатами аналізу формуються пропозиції щодо поліпшення стану хоча б одного з розглянутих факторів.

9. Оцінка можливості зниження концентрації ЗА. Якщо така можливість є, переходимо до етапу 10, в іншому разі — до етапу 11.

10. Проведення заходів зі зниження концентрації ЗА. Перехід до етапів 3 та 4.

11. Цей етап виконується за умови, якщо розрахунковий рівень профзахворювання не може бути знижений до гранично допустимого рівня шляхом реалізації заходів технологічного та організаційного характеру. В цьому разі необхідно вжити заходи щодо забезпечення працюючих необхідними ЗІЗОД належної якості та забезпечити контроль їх використання.

12. Обґрунтування плану заходів полягає в узагальненні результатів попередніх етапів алгоритму. Для економічного обґрунтування пропонується використовувати показник, який визначає ефективність варіантів плану працезахоронних заходів як добуток очікуваного середнього значення ризику професійної захворюваності (у відсотках), фінансових витрат на засоби захисту (у гривнях) та експертної оцінки варіантів забезпечення зварників засобами захисту (у балах). Для нормування отриманих значень в діапазоні 0–1 їх необхідно розділити на максимальне значення з розрахованих добутоків. Математичний вираз показника ефективності такий:

$$E_i = \frac{r_i \cdot b_i \cdot v_i}{\max_i(r_i \cdot b_i \cdot v_i)}, \quad (6)$$

де r_i — середнє значення ризику; b_i — витрати на засоби захисту; v_i — експертна оцінка варіантів забезпечення зварників засобами захисту.

Вибір остаточного варіанта з множини розглянутих полягає у визначенні мінімального показника ефективності:

$$E = \arg \left(\min_i \left[\frac{r_i \cdot b_i \cdot v_i}{\max_i(r_i \cdot b_i \cdot v_i)} \right] \right). \quad (7)$$

Отже, як видно з формули (7), вирішення поставленого завдання полягає в обґрунтуванні вибору такого варіанта забезпечення зварників засобами захисту, який мінімізує очікуваний ризик професійного захворювання з урахуванням витрат на його виконання та експертної оцінки результатів його реалізації.

Застосування розробленого алгоритму дає змогу одержати науково обґрунтовані рекомендації щодо планування заходів, спрямованих на досягнення прийняттого ризику професійного захворювання у працівників зварювального виробництва.

16-я международная научно-практическая конференция

«Технологии упрочнения, нанесения покрытий и ремонта: теория и практика»

В Санкт-Петербурге 15–18 апреля 2014 г. состоялась 16-я международная научно-практическая конференция «Технологии упрочнения, нанесения покрытий и ремонта: теория и практика». Организаторы конференции: научно-производственная фирма «Плазмацентр» и Санкт-Петербургский государственный политехнический университет.

Эта традиционная ежегодная конференция проводится с 1997 г. и является самой крупной в России и странах СНГ по данной тематике. Она посвящена промышленным технологиям, использование которых позволяет повысить эффективность производства и обеспечить максимальное сокращение издержек.

В работе конференции (www.technoconf.ru) приняли участие около 400 человек из различных организаций России, Германии, Швейцарии, Китая, Украины, Казахстана, Беларуси, Азербайджана и Армении.

Информационную поддержку оказали около 50 периодических научно-технических журналов, которые анонсировали конференцию. Информация о ней была также размещена на сайте «Конференции России».

Работа конференции велась по четырем направлениям:

1. Технологии восстановления первоначальной (заданной) геометрии поверхности и сварки изделий — 36 докладов.
2. Конструкционные и эксплуатационные методы повышения долговечности, обработка поверхности изделий — 23 доклада.
3. Технологии упрочнения и восстановления физико-механических свойств поверхности — 42 доклада.
4. Технологии диагностики, дефектации, мойки, очистки, окраски и консервации изделий — 7 докладов.

К открытию конференции был издан сборник докладов в двух томах общим объемом 675 страниц (108 докладов), который был распространен среди

участников, разослан по запросам различных организаций, направлен в крупнейший российский и мировой информационный и аналитический центр ВИНТИ РАН и крупные библиотеки РФ.

Во вступительном слове генерального директора научно-производственной фирмы «Плазмацентр» П.А. Тополянского, было отмечено, что в России и странах СНГ проводимая в Санкт-Петербурге конференция является наиболее значимой и крупномасштабной.

Известно, что защита деталей и изделий от изнашивания и коррозии является центральным звеном решения таких национальных проблем, как экономия энергии, сокращение расхода материалов, обеспечение надежности и безопасности механических систем.

Решение задач по эффективной защите от изнашивания и коррозии, восстановлению и ремонту деталей и изделий, стоящих перед предприятиями промышленного, агропромышленного и топливно-энергетического комплексов, муниципальных хозяйств города и области, могли бы сэкономить бюджету предприятий значительные денежные средства. Однако их решение сдерживается минимальной активностью организаций, не стремящихся снижать свою расходную часть: производителю невыгодно увеличивать срок службы изнашиваемых деталей в связи с сокращением их количества при продаже в качестве запасных частей; эксплуатационнику невыгодно ввиду бюджетного финансирования ремонтных работ и возможности простой закупки новых запасных частей; подрядчику ремонтных работ невыгодно из-за сокращения количества заказов.

Фирмы, предлагающие услуги по упрочнению, нанесению покрытий и ремонту, иногда владеют только отдельными технологиями, поэтому объективный вариант решения выдвигаемых задач заказчиками с технической и экономической сторон ими может быть и не предложен.

Современный уровень развития науки и техники позволил разработать новейшие технологические процессы упрочнения и нанесения покрытий

(наплавка порошковой проволокой, детонационное, высокоскоростное и газодинамическое напыление, PVD и CVD процессы нанесения тонкопленочных покрытий, финишное плазменное упрочнение, плазменная закалка, плазменная модификация и др.); современные материалы, способные противостоять коррозионному изнашиванию в течение 30–50 лет; новое поколение оборудования; программное обеспечение технологий. Все эти достижения для успешного внедрения в производство требуют активной демонстрации для ознакомления ведущих технических специалистов, возможности изготовления опытных образцов и деталей.

Главным отличием данной конференции является то, что на ней присутствуют не только ученые, преподаватели и разработчики технологий упрочнения, нанесения покрытий и ремонта, но и представители промышленности — непосредственные потребители данных технологий из России и стран СНГ. Здесь происходит прямое общение разработчика и непосредственного потребителя инновационных проектов. Именно диалогом и обменом опытом отличается эта конференция. Основная цель конференции — популяризация внедрения технологий, которые способны создавать надежную и конкурентоспособную продукцию, пропаганда необходимости получения новых знаний, способствующих повышению качества, надежности и долговечности выпускаемых и эксплуатируемых технических изделий. Особенностью конференции является ее практическая направленность: есть возможность найти исполнителя для внедрения процессов упрочнения, нанесения покрытий, восстановления и ремонта, на месте продемонстрировать процесс нанесения износостойких покрытий на изделия, привезенные с собой. Конференция важна также для аспирантов и студентов, которые выбрали в качестве своей будущей трудовой деятельности инженерное творчество.

На конференции было заслушано около 40 пленарных докладов. Каждая организация, представившая доклад, была отмечена дипломом. Аннотации 116 докладов и статей, присланных на конференцию, представлены на сайте www.technoconf.ru.

На конференции была представлена «Энциклопедия технологий ремонта, восстановления и упрочнения» — компакт-диск всех материалов предшествующих конференций (порядка 8000 стр.). Была проведена презентация книги «Плазменные технологии. Руководство для инженеров». Авторами монографии являются организаторы конференции — Н. А. Соснин, С. А. Ермаков, П. А. Тополянский.

Традиционно для участников конференции было организовано посещение промышленных участков по восстановлению и нанесению функциональных покрытий с использованием технологий газотермического напыления, наплавки и упрочнения. Был продемонстрирован новый процесс финишного плазменного упрочнения с нанесением тонкопленочного износостойкого покрытия, разработанный и запатентованный специалистами НПФ «Плазмацентр». При использовании данной технологии всего за несколько минут обработки изделий можно многократно повысить их стойкость.

В рамках конференции одновременно прошли школы-семинары: «Наплавка, напыление и упрочнение деталей промышленного оборудования — выбор технологии, оборудования и материалов», «Упрочнение, восстановление и ремонт инструмента, штампов, пресс-форм и другой технологической оснастки».

В ходе дискуссий и обсуждений участники конференции отметили сложности внедрения передовых современных технологий упрочнения, восстановления и ремонта. Активно высказывались мнения о целесообразности организации региональных центров реновации технических средств. Опыт функционирования такого центра в Санкт-Петербурге и Ленинградской области на базе научно-производственной фирмы «Плазмацентр» показал эффективность развития этого направления.

Участники конференции отметили некоторую активизацию работ по применению новых наукоемких технологий упрочнения (плазменных, лазерных, ультразвуковых и других электрофизических процессов) для продления ресурса работы деталей, инструмента и технологической оснастки. Нанотехнологии выходят из исследовательских лабораторий и все шире применяются для упрочнения различных изделий. Активно проводятся совместные работы ученых и практиков различных организаций России и стран СНГ.

Многие ведущие ученые выразили озабоченность появлением на рынке технологий упрочнения, нанесения покрытий и ремонта неквалифицированных фирм, которые не брезгают обманом, неэффективными рекомендациями и решениями, занимаются воровством идей, способов и устройств, выдавая их за собственные разработки.

Мнения и отзывы ведущих ученых и специалистов России и стран СНГ, работающих в области упрочнения, нанесения покрытий и ремонта, об эффективности и значимости проводимой конференции выложены на сайте www.technoconf.ru.

● #1422

Открыта подписка-2014 на журнал «Сварщик»

в почтовых отделениях Украины,
подписной индекс 22405. Подписку на журнал
можно оформить у региональных представителей:

Город	Название подписного агентства	Телефон
Винница	ЗАО «Блиц-Информ»	(0432) 27-66-58
	«Баланс-Клуб»	(056) 370-44-23
Днепропетровск	ЗАО «Блиц-Информ»	(056) 370-10-50
	ООО «Меркурий»	(056) 778-52-86
Донецк	ЗАО «Блиц-Информ»	(062) 381-19-32
Житомир	ЗАО «Блиц-Информ»	(0412) 36-04-00
Запорожье	ЗАО «Блиц-Информ»	(0612) 63-91-82
	ЧП ККК «Пресс Сервис»	(0612) 62-52-43
Ивано-Франковск	ЗАО «Блиц-Информ»	(03422) 52-28-70
	ООО «Бизнес Пресса»	(044) 248-74-60
Киев	ЗАО «Блиц-Информ»	(044) 205-51-10
	ООО «Периодика»	(044) 449-05-50
	ООО «Пресс-Центр»	(044) 252-94-77
	АОЗТ «САММИТ»	(044) 537-97-44
Кировоград	ЗАО «Блиц-Информ»	(0522) 32-03-00
Кременчуг	ЗАО «Блиц-Информ»	(05366) 79-90-19
	ООО «САММИТ-Кременчуг»	0536(6) 3-21-88
Кривой Рог	ЗАО «Блиц-Информ»	(0564) 66-24-36
Луганск	ЗАО «Блиц-Информ»	(0642) 53-81-07
Луцк	ЗАО «Блиц-Информ»	(0332) 72-05-48
	ЗАО «Блиц-Информ»	(0322) 39-28-69
Львов	«Львівські оголошення»	(0322) 97-15-15
	ООО «САММИТ-Львов 247»	(0322) 74-32-23
	«Фактор»	(0322) 41-83-91
Мариуполь	ЗАО «Блиц-Информ»	(0629) 33-54-98
Нежин	ЧП «Прес-Курьер»	(04631) 5-37-66
	ЗАО «Блиц-Информ»	(0512) 47-10-82
Николаев	ООО «Ноу Хау»	(0512) 47-20-03
	ООО «САММИТ-Николаев»	(0512) 23-40-86
	ЧП «ТЕПС & Со»	(0512) 47-47-35
Одесса	ЗАО «Блиц-Информ»	(048) 711-70-79
Прилуки	ЧП «Прес-Курьер» (филиал)	(04637) 3-04-62
Полтава	ЗАО «Блиц-Информ»	(05322) 7-31-41
Ровно	ЗАО «Блиц-Информ»	(0362) 62-56-26
Севастополь	ЗАО «Блиц-Информ»	(0692) 55-44-51
Симферополь	ЗАО «Блиц-Информ»	(0652) 24-93-00
	ДП «САММИТ-Крым»	(0652) 44-36-95
Сумы	ЗАО «Блиц-Информ»	(0542) 27-52-09
	ООО «Диада»	(0542) 37-03-55
Тернополь	ЗАО «Блиц-Информ»	(0352) 43-08-10
Ужгород	ЗАО «Блиц-Информ»	(03122) 2-38-16
	ЗАО «Блиц-Информ»	(0572) 17-13-27
Харьков	АОЗТ «САММИТ-Харьков»	(0572) 14-22-61
	ДП «Фактор-Пресса»	(0572) 26-43-33
	«Форт» Издательство	(0572) 14-09-08
Херсон	ДПЗАО «Блиц-Информ»	(0552) 26-36-49
Хмельницкий	ЗАО «Блиц-Информ»	(0382) 79-24-23
	ВКП «Фактор-Запад»	(0382) 70-20-93
Черкасы	ЗАО «Блиц-Информ»	(0472) 47-05-51
Черновцы	ЗАО «Блиц-Информ»	(03722) 2-00-72
Чернигов	ЗАО «Блиц-Информ»	(04622) 4-41-61

ТАЛОН-ЗАКАЗ

на книги издательства «Экотехнология»

Название книги	Цена (грн.)
В. И. Лакомский, М. А. Фридман. Плазменно-дуговая сварка углеродных материалов с металлами. 2004. — 196 с.	40
А. А. Кайдалов. Электронно-лучевая сварка и смежные технологии. Издание 2-е, переработанное и дополненное. 2004. — 260 с.	50
О. С. Осика та ін. Англо-український та українсько-англійський словник зварювальної термінології. 2005. — 256 с.	40
В. М. Корж. Газотермічна обробка матеріалів: Навчальний посібник. 2005. — 196 с.	40
В. Я. Кононенко. Газовая сварка и резка. 2005. — 208 с.	40
С. Н. Жизняков, З. А. Сидлин. Ручная дуговая сварка. Материалы. Оборудование. Технология. 2006. — 368 с.	60
А. Я. Ищенко и др. Алюминий и его сплавы в современных сварных конструкциях. 2006. — 112 с. с илл.	30
П. М. Корольков. Термическая обработка сварных соединений. 3-е изд., перераб. и доп. 2006. — 176 с.	40
А. Е. Анохов, П. М. Корольков. Сварка и термическая обработка в энергетике. 2006. — 320 с.	40
Г. И. Лащенко. Способы дуговой сварки стали плавящимся электродом. 2006. — 384 с.	50
А. А. Кайдалов. Современные технологии термической и дистанционной резки конструкционных материалов. 2007. — 456 с.	50
П. В. Гладкий, Е. Ф. Переплетчиков, И. А. Рябцев. Плазменная наплавка. 2007. — 292 с.	50
А. Г. Потальевский. Сварка в защитных газах плавящимся электродом. Часть 1. Сварка в активных газах. 2007. — 192 с.	50
Г. И. Лащенко, Ю. В. Демченко. Энергосберегающие технологии послесварочной обработки металлоконструкций. 2008. — 168 с.	40
Б. Е. Патон, И. И. Заруба и др. Сварочные источники питания с импульсной стабилизацией горения дуги. 2008. — 248 с.	50
З. А. Сидлин. Производство электродов для ручной дуговой сварки. 2009. — 464 с.	60
В. Н. Радзиевский, Г. Г. Ткаченко. Высокотемпературная вакуумная пайка в компрессоростроении. 2009. — 400 с.	50
В. Н. Корж, Ю. С. Попиль. Обработка металлов водородно-кислородным пламенем. 2010. — 194 с.	40
Г. И. Лащенко. Современные технологии сварочного производства. 2012. — 720 с.	90

Книги прошу выслать по адресу:

Куда . . . почтовый индекс . . .

Кому . . .

Счет на оплату прошу выслать по факсу:
(.)

Реквизиты плательщика НДС:

Св. № идент. №

Ф. И. О. лица, заполнившего талон, телефон для связи:

Заполните этот талон и вышлите в редакцию журнала «Сварщик» по адресу: 03150 Киев, ул. Горького, 62Б или по факсу: (044) 287-6502. Цены на книги указаны без учета НДС и стоимости доставки.

В 2013 г. цены на наши издания снижены на 20–30%.

Сервисная карточка читателя

Без заполненного
формуляра
недействительна

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

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

1409 1410 1411 1412 1413 1414 1415 1416 1417
1418 1419 1420 1421 1422 1423 1424 1425 1426
1427 1428 1429 1430 1431 1432 1433 1434 1435
1436 1437 1438 1439 1440 1441 1442 1443 1444
1445 1446 1447 1448 1449 1450 1451 1452 1453
1454 1455 1456 1457 1458 1459 1460 1461 1462
1463 1464 1465 1466 1467 1468 1469 1470 1471 1472
1473 1474 1475 1476 1477 1478 1479 1480 1481 1482

Ф. И. О. _____

Должность _____

Тел. (_____) _____

Предприятие _____

Подробный почтовый адрес: _____

« _____ » _____ 2014 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 2014 г.

На внутренних страницах

Площадь	Размер, мм	Грн.*
1 полоса	210×295	4000
1/2 полосы	180×125	2000
1/4 полосы	88×125	1000

На страницах основной обложки

Страница	Размер, мм	Грн.*
1 (первая)	215×185	9000
8 (последняя)	210×295 (после обрезки 205×285)	6000
2 и 7		5500

На страницах внутренней обложки

Стр. (площадь)	Размер, мм	Грн.*
3 (1 полоса)	210×295	5000
4 (1 полоса)	210×295	4800
5-6 (1 полоса)	210×295	4500
5-6 (1/2 полосы)	180×125	2300

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

Рекламная статья: 1 полоса (стр.) — 1500 грн.

Прогрессивная система скидок

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

Тарифы на рекламу универсальные — одинаковые для журналов «Сварщик» и «Сварщик в России».
При размещении рекламных-информационных материалов одновременно в журналах «Сварщик» и «Сварщик в России» предоставляется дополнительная скидка 5%.

Требования к оригинал-макетам

Для макетов «под обрез»:
формат журнала после обрезки 205×285 мм;
до обрезки 210×295 мм; **внутренние поля для текста и информативных изображений не менее 20 мм.**
Цветные: TIF CMYK 300 dpi или EPS Illustrator for PC 5-11, include placed images (CMYK 300 dpi или bitmap 600 dpi, текст в кривых), или CorelDraw 9-12, текст в кривых.
Сопроводительные материалы: желательна распечатка с названием файла и точными размерами макета. Размеры макета должны точно соответствовать вышеуказанным.
Носители: флэш-диск, DVD или CD-ROM.

Подача материалов в очередной номер — до 15-го числа нечетного месяца (например, в №3 — до 15.05)

Руководитель рекламного отдела: **В. Г. Абрамишвили**
тел./ф.: (0 44) **200-80-14**, (050) 413-98-86 (моб.)
e-mail: welder.kiev@gmail.com
http://www.welder.kiev.ua/

Заполняется печатными буквами

ХІІ МЕЖДУНАРОДНЫЙ ПРОМЫШЛЕННЫЙ ФОРУМ – 2014

МЕЖДУНАРОДНЫЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ ВЫСТАВКИ И КОНФЕРЕНЦИИ



Генеральный информационный партнер:



Технический партнер:



ОРГАНИЗАТОР

Международный выставочный центр

ПРИ ПОДДЕРЖКЕ:

Министерства промышленной политики Украины

Украинской Национальной Компании "Укрстанкоинструмент"

**18-21
НОЯБРЯ**



+38 044 201-11-65, 201-11-56, 201-11-58

e-mail: lilia@iec-expo.com.ua

www.iec-expo.com.ua

www.tech-expo.com.ua

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ
ВЫСТАВОЧНЫЙ ЦЕНТР**
Украина, Киев, Броварской пр-т, 15
М "Левобережная"



СВАРОЧНЫЕ ЭЛЕКТРОДЫ



ПРОИЗВОДСТВА АМЗ «ВИСТЕК»



Полный список партнеров на www.vistec.com.ua

НАВКО-ТЕХ

Automatic machines and robots for arc welding

Автоматические установки и роботы для дуговой сварки и наплавки



УСТАНОВКИ ДЛЯ СВАРКИ ПРЯМОЛИНЕЙНЫХ ШВОВ

УСТАНОВКИ ДЛЯ СВАРКИ КОЛЬЦЕВЫХ ШВОВ

РОБОТОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ ДЛЯ СВАРКИ

СВАРОЧНАЯ АППАРАТУРА



Украина, Киев
Тел.: +38 044 456-40-20
Факс: +38 044 456-83-53

<http://www.navko-teh.kiev.ua>

E-mail: info@navko-teh.kiev.ua



WELDOTHERM®

G.M.B.H. ESSEN

- Установки для термообработки сварных соединений серии VAI™, VAS™, Standard™, Standard Europa™.
- Высокоскоростные газовые горелки для проведения объемной термической обработки сосудов целиком.
- Инфракрасные газовые и электрические нагреватели.
- Печи торговой марки LAC.
- Расходные материалы в ассортименте (изоляция, нагревательные элементы, приборы контроля температуры и т. д.)
- Сдача установок для термообработки сварных соединений в аренду.
- Услуги по термообработке.
- Гарантийное и послегарантийное обслуживание оборудования.



Оборудование для термической обработки из Эссена
«Ваш партнер для проведения термообработки»

ООО «Велдотерм-Украина»

Филиал Weldotherm® GmbH Essen, Германия



Украина, 77311, Ивано-Франковская обл., г. Калуш-11, а/я 18
Т./ф. (03472) 6-03-30. E-mail: weldotherm@ukrpost.ua

www.weldotherm.if.ua

СВАРКОНТАКТ

ВЫПРЯМИТЕЛИ ИНВЕРТОРНЫЕ СВАРОЧНОГО ТОКА

СДЕЛАНО В УКРАИНЕ



ИНВЕРТОРНЫЕ ИСТОЧНИКИ ТОКА НА БАЗЕ IGBT-ТРАНЗИСТОРОВ

ПОЛУАВТОМАТИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ ПОДАЧИ ПРОВОЛОКИ

УСТАНОВКИ ПЛАЗМЕННОЙ РЕЗКИ И ИНДУКЦИОННОГО НАГРЕВА

ПОЛУАВТОМАТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ ШИПОВАНИЯ

ООО НПФ «СВАРКОНТАКТ»

61010, Украина, г. Харьков,
в-д Ващенко-16А

Тел/факс: (057) 719-24-45;

Моб: (095) 88-71-748; (097) 860-00-63

E-mail: svarkontakt.svarka@gmail.com