



3 (55) 2007

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

Журнал награжден Почетной грамотой и Памятным знаком Кабинета Министров Украины

Сварщик®

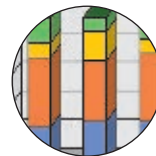
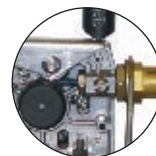
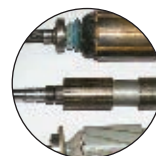
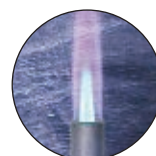
информационно-технический журнал

Технологии
Производство
Сервис

3—2007

СОДЕРЖАНИЕ

	Новости техники и технологий	3
	Производственный опыт	
	Новое поколение установок для диффузионной сварки разнородных материалов. <i>А. В. Люшинский, В. В. Константинов, Ю. А. Соколов, С. В. Чуклинов, А. В. Билык</i>	6
	Прогрессивная технология изготовления сварных декомпозиеров. <i>Ю. В. Демченко, Г. И. Лашенко, В. А. Качанов, Г. Н. Пирогов, Д. В. Чуклин</i>	11
	Совершенствование технической подготовки производства новых изделий в вагоностроении. <i>В. А. Роянов, Ю. Д. Сердюк, П. В. Коросташевский</i>	14
	IV Региональный открытый конкурс профессионального мастерства сварщиков	18
	Наши консультации	20
	Технологии и оборудование	
	Сварка трением с перемешиванием — эффективный способ получения неразъемных соединений в твердой фазе (обзор). <i>А. Г. Покляцкий, А. Я. Ищенко, С. В. Подъяельников</i>	22
	Использование водородно-кислородного пламени для газопламенной обработки материала. <i>В. Н. Корж, Ю. С. Попиль</i>	30
	Новый механизм подачи проволоки для сварочных полуавтоматов. <i>А. В. Иванников</i>	33
	Влияние электроискрового легирования на износостойкость конструкционных материалов, работающих в условиях абразивного изнашивания. <i>А. П. Кудрин, И. А. Подчерняева, В. В. Жигинас, В. И. Маленко, В. Ф. Лабунец</i> ...	38
	Тенденции развития сварочного производства Республики Корея. <i>В. Н. Бернадский, О. К. Маковецкая</i>	41
	Охрана труда	
	Промышленная вентиляция. Часть 1. <i>О. Г. Левченко</i>	46
	Выставки	
	Сварочные источники питания на рынке Украины. Выставка «Сварка. Родственные технологии—2007». <i>В. В. Андреев, В. А. Корицкий</i>	49
	Конференции и семинары	
	Обеспечение эксплуатационной надежности систем трубопроводного транспорта. Научно-технический семинар. <i>А. А. Кайдалов</i>	53
	Державні стандарти України з безпеки праці в галузі зварювання і споріднених процесів. <i>А. А. Кайдалов</i>	54
	Анкета	55



Новини техніки і технологій	3
Виробничий досвід	
• Нове покоління установок для дифузійного зварювання різнорідних матеріалів. А. В. Люшинський, В. В. Константинов, Ю. О. Соколов, С. В. Чуکلін, А. В. Білик	6
• Прогресивна технологія виготовлення зварних декомпозиерів. Ю. В. Демченко, Г. І. Лашченко, В. А. Качанов, Г. Н. Пирогов, Д. В. Чуکلін	11
• Удосконалювання технічної підготовки виробництва нових виробів у вагонобудуванні. В. А. Роянов, Ю. Д. Сердюк, П. В. Коросташевський ..	14
• IV Регіональний відкритий конкурс професійної майстерності зварників ..	18
Наші консультації	20
Технології й устаткування	
• Зварювання тертям з перемішуванням — ефективний спосіб одержання нероз'ємних з'єднань у твердій фазі (огляд). А. Г. Покляцький, А. Я. Іщенко, С. В. Под'ельников	22
• Використання воднево-кисневого полум'я для газополуменевої обробки матеріалу. В. М. Корж, Ю. С. Попіль	30
• Новий механізм подачі дроту для зварювальних напівавтоматів. А. В. Іванников	33
• Вплив електроіскрового легування на зносостійкість конструкційних матеріалів, що працюють в умовах абразивного зношування. А. П. Кудрін, І. А. Подчерняєва, В. В. Жигинас, В. І. Маленко, В. Ф. Лабунець	38
• Тенденції розвитку зварювального виробництва Республіки Корея. В. М. Бернадський, О. К. Маковецька	41
Охорона праці	
• Промислова вентиляція. Частина 1. О. Г. Левченко	46
Виставки	
• Зварювальні джерела живлення на ринку України. Виставка «Зварювання. Споріднені технології-2007». В. В. Андрєєв, В. А. Корицький	49
Конференції і семінари	
• Забезпечення експлуатаційної надійності систем трубопровідного транспорту. Науково-технічний семінар. А. А. Кайдалов	53
• Державні стандарти України з безпеки праці в галузі зварювання і споріднених процесів. А. А. Кайдалов	54
• Анкета	55
CONTENT	
News of technique and technologies	3
Industrial experience	
• New generation of installations for diffusion welding of heterogeneous materials. A. V. Lyushinskiy, V. V. Konstantinov, Yu. A. Sokolov, S. V. Chuklinov, A. V. Bilyk	6
• Progressive technology of manufacturing of welded decomposers. Yu. V. Demchenko, G. I. Lashchenko, V. A. Kachanov, G. N. Pirogov, D. V. Chuklin	11
• Perfection of technical preparation of manufacture of new products in carriage building. V. A. Royanov, Yu. D. Serdyuk, P. V. Korostashevskiy. . .	14
• IV Regional open competition of professional skill of the welders	18
Our consultations	20
Technologies and equipment	
• STIR-welding is an effective way of obtaining of detachable joints in solid phase (review). A. G. Poklyazkiy, A. Ya. Ishchenko, S. V. Podyel'nikov. . .	22
• Use of hydrogen-oxygen flame for gas flame processing of a material. V. N. Korzh, Yu. S. Popil'	30
• The new wire feeder for welding semiautomates. A. V. Ivannikov	33
• Influence of electrospark alloying on wear resistance of structural materials working in conditions of wear process. A. P. Kudrin, I. A. Podchernyaeva, V. V. Zhiginas, V. I. Malenko, V. F. Labunets	38
• The tendencies of development of welding production of Republic of Korea. V. N. Bernadskiy, O. K. Makovetskaya	41
Labour protection	
• Industrial ventilation. Part 1. O. G. Levchenko	46
Exhibitions	
• Welding power sources in the market of Ukraine. Exhibition «Welding. Related technologies-2007». V. V. Andreev, V. A. Koritskiy. . .	49
Conferences and seminars	
• Maintenance of operational reliability of systems of pipeline transport. A scientific and technical seminar. A. A. Kaydalov	53
• State standards of Ukraine in the safety of labour in the field of welding and related processes. A. A. Kaydalov	54
• The questionnaire	55

Свидетельство о регистрации КВ № 3102 от 09.03.98

Учредители

Институт электросварки
 им. Е. О. Патона НАН Украины,
 Государственное предприятие
 внедренческой «Экотехнология»

Издатель

ГВП «Экотехнология»

Издание журнала поддерживают

Общество сварщиков Украины,
 Национальный технический
 университет Украины «КПИ»

Журнал издается
 при содействии UNIDO

Главный редактор

К. А. Ющенко

Зам. главного редактораБ. В. Юрлов,
Е. К. Доброхотова**Редакционная коллегия**

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

Редакционный совет

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

Редакция

Т. Н. Мишина, А. Л. Берзина

Маркетинг и рекламаВ. Г. Абрамшвили,
Ю. Б. Иванова**Верстка**

Т. Д. Пашигорова, А. Е. Рублева

Адрес редакции

03150 Киев, ул. Горького, 66

Телефон

+380 44 528 3523, 529 8651

Тел./факс

+380 44 287 6502

E-mailwelder@et.ua,
welder@welder.kiev.ua**URL**

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

Представительство в Беларуси

Минск
 Вячеслав Дмитриевич Сиваков
 +375 17 213 1991, 246 4245

Представительство в России

Москва, ООО «Центр
 трансфера технологий»
 Анита Анатольевна Фокина
 +7 495 626 0905, 626 0347
 e-mail: cct94@mail.ru

Представительство в Прибалтике

Рига, Янис Андерсон
 +371 7 538 974,
 +371 7 538 345 (ф.)
 e-mail: janis2211@gmail.com

Вильнюс, Александр Шахов
 +370 52 47 4301
 ПФ «Рекламос Центрас»

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 05.06.2007. Формат 60×84 1/8.
 Печать офсетная. Бумага офсетная № 1.
 Гарнитура PetersburgС. Усл. печ. л. 5,0. Уч.-изд. л. 5,2.
 Зак. № 05/06 от 05.06.2007. Тираж 3000 экз.
 Печать: издательство «Аврора Принт», 2007.
 02081 Киев, ул. Причальная, 5. Тел./ф. (044) 502-61-31.

© «Экотехнология», 2007



Сварочный инвертор АВС-315-2

ООО «Веста» приступило к серийному выпуску модернизированной модели высоко-частотного сварочного аппарата АВС-315-2 с микропроцессорным управлением.

Как и его предшественник, данный аппарат предназначен для питания постоянным током одной дуги при ручной сварке плавящимися электродами диаметром от 2 до 6 мм включительно. Его применяют при изготовлении, монтаже, ремонте оборудования и трубопроводов различного назначения в монтажных условиях. Предусматривает работу на открытом воздухе под навесом в диапазоне рабочих температур от минус 10 до плюс 40 °С при относительной влажности 95±3%. Аппарат обеспечивает легкое зажигание, мягкое и устойчивое горение дуги, а также стабильность установленной силы сварочного тока (разброс не более ±5 А) во всем диапазоне ее регулирования при пониженном (-38 В) и повышенном (+19 В) напряжении питания. При наличии специальных аксессуаров и материалов для аргонодуговой сварки аппарат можно использовать при сварке узлов, деталей и материалов из титана, нержавеющей стали и медных сплавов.

Силу сварочного тока устанавливают дискретно с шагом 1 А при помощи кнопок



Техническая характеристика:

Напряжение питающей сети	с допустимыми отклонениями, В.	380(+19) (-38)
Частота питающей сети	с допустимыми отклонениями, Гц.	50
Пониженное напряжение холостого хода, В, не более		12
Пределы регулирования силы сварочного тока, А		40-315
Сила потребляемого тока по каждой фазе, А, не более		15
Потребляемая мощность, кВт, не более		14
Потребляемая мощность на холостом ходу, Вт, не более		80
КПД, %, не менее		85
Номинальный режим работы ПН (315 А, +40 °С, цикл 10 мин), %		60
Габаритные размеры, мм, не более		540×265×475
Масса, кг, не более		25

«+» и «-», расположенных на передней панели аппарата. Для индикации задания силы сварочного тока аппарат снабжен цифровым индикатором. Аппарат сохраняет работоспособность при коротком замыкании в нагрузке. Более прогрессивное схемотехническое решение позволило заметно повысить надежность аппарата (что является основным недостатком техники данного типа) и его экономичность.

Аппарат оснащен защитой от перегрева; от понижения сетевого напряжения; от пропадания фаз питающего напряжения; встроенным устройством понижения напряжения холостого хода не более 12 В; функцией запоминания определённого значения силы сварочного тока.

● #782
ООО «Веста» (Харьков)

Лабораторная горелка Бунзена «ДОНМЕТ 285»

Лабораторная газовоздушная инжекторная горелка «ДОНМЕТ 285» на газообразном топливе типа ГВП предназначена для смешения горючего газа с атмосферным воздухом и сжигания в атмосфере с образованием факела заданной формы. Горелку применяют для работ в химических, физических и других лабораториях, а также для пайки мягкими и твердыми припоями с температурой плавления не более 700 °С, подогрева, плавления и других подобных термических процессов.

Техническая характеристика:

Давление горючего газа, МПа:	
пропан-бутана	0,0025-0,005
природного газа — метана	0,0025-0,005
Расход горючего газа, л/ч:	
пропан-бутана	12-22
природного газа — метана	24-64
Мощность теплового потока, кВт:	
пропан-бутана	0,3-0,55
природного газа — метана	0,23-0,6
Внутренний диаметр присоединяемого рукава, мм	6
Габаритные размеры, мм	167×185×60
Масса горелки, кг	0,425

Сменный инжектор позволяет работать горелкой как на пропан-бутане, так и на природном газе — метане.

● #783
«ДОНМЕТ» (Краматорск)



Портативный импульсный рентгеновский аппарат «САРМА» (V&G)

Аппарат предназначен для радиографии в нестандартных условиях, при контроле конструкций в труднодоступных местах, контроле швов трубопроводов. От существующих аналогов он отличается сверхмалыми массо-габаритными характеристиками. Выпускают аппараты серийно с пиковыми значениями анодного напряжения на рентгеновских трубках 300 и 500 кВ.

Техническая характеристика «САРМА» (V&G):

Анодное напряжение, кВ	300	500
Диаметр фокусного пятна, мм	2,5	2,5
Просвечиваемая толщина стали, мм	60	80
Напряжение питания, В:		
аккумулятора	12	12
в сети переменного тока	220(50 Гц)	220(50 Гц)
Потребляемая мощность, Вт	50–100	50–100
Частота следования импульсов, Гц	10–15	5–8
Ресурс излучателя, имп.	500000	500000
Диапазон экспозиций, число имп.	25–500	25–500
Диапазон рабочих температур, °С	–30...+60	–30...+60
Габаритные размеры, мм:		
излучателя	460×85×115	530×110×270
пульта управления	270×246×174	270×246×174
Масса, кг:		
излучателя	3,5	8,0
пульта управления	2,5	2,5
Длина высоковольтного кабеля, м	25–100	25–100



В базовый комплект установки входят рентгеновский излучатель, пульт управления с таймером, съемный высоковольтный соединительный кабель, источник бесперебойного питания (включает преобразователь постоянного напряжения в переменное, аккумуляторную батарею, зарядное устройство), кофр-укладка. ● #784
ЗАО «Спектр КСК» (Москва)

Устройство «ДОНМЕТ-923» для экономии газа

Завод автогенного оборудования «ДОНМЕТ» в 2007 г. начал выпуск устройства для экономии газа «ДОНМЕТ-923». Устройство предназначено для уменьшения расхода горючего газа и кислорода при выполнении вспомогательных операций (перемещение изделий, сборка и подготовка изделий к сварке, пайке и т. п.). Экономия расхода горючего газа и кислорода достигается за счет временного прекращения их подачи в горелку в период выполнения вспомогательных операций.



Устройство состоит из штатива, двух клапанов — газового и кислородного, а также рычага с крюком, закрепленных на штативе. К газовому клапану присоединен тройник, один отвод которого через вентиль соединен с горелкой запальника. Вентиль обеспечивает регулировку минимального пламени в горелке запальника. Внутренний диаметр присоединяемых рукавов 6 и 9 мм.

При выполнении вспомогательных операций рабочий устанавливает горелку на крюк рычага, при этом газовые клапаны перекрывают подачу горючего газа и кислорода в горелку, а часть горючего газа через вентиль на тройнике поступает в горелку запальника.

При возобновлении работы горелку снимают с крюка рычага, подача горючего газа и кислорода восстанавливается, а факел горелки поджигают от запальника. ● #785

«ДОНМЕТ» (Краматорск)

Техника для приварки деталей крепления

«Фарадей 1400» и «Фарадей 2800» — это российские системы для приварки деталей крепления к тонкому листовому металлу по технологии контактно-конденсаторной сварки. Сварочные аппараты для конденсаторной сварки позволяют приваривать различные виды метизов: болты, втулки, шпильки диаметром от 2 до 10 мм на любые листовые металлы толщиной от 0,5 мм без предварительного сверления и применения защитных газов. Пригодные для сварки материалы: сталь, нержавеющая сталь, латунь, медь, алюминий. При этом нужно учитывать, что алюминиевые детали крепления могут быть приварены только к алюминию, остальные материалы можно комбинировать между собой.

Сварочный аппарат состоит из силового блока, сварочного пистолета с цангами и сварочных кабелей с зажимами для заземления. На передней панели имеется светодиодная сигнализация режимов работы и жидкокристаллический дисплей.



Преимущества данного сварочного оборудования — высокая прочность соединения, низкая стоимость стандартных деталей крепления, отсутствие следов сварки с обратной стороны изделия, и деформаций благодаря малому времени сварки, возможность комбинаций свариваемых материалов (сталь, нержавеющая сталь, латунь, медь, алюминий), высокая производительность и низкие требования к квалификации персонала, возможность автоматизации процесса при массовом производстве сварочного оборудования.



Техническая характеристика силовых блоков:

	CD 1400	CD 2800
Диаметр деталей крепления, мм ...	M3–M6	M3–M10 или 2–8
Материал	Сталь, нержавеющая сталь, алюминий и латунь	
Скорость сварки деталей в минуту (в зависимости от диаметра)	5–15	5–15
Источник энергии	Конденсаторная батарея	
Емкость конденсатора, мкФ	35 000	70 000
Сварочное напряжение, В	60–280	60–280
Энергия разряда, Дж	1370	2750
Время сварки, с	0,001–0,003	0,001–0,003
Длина сварочных кабелей, м	3	3
Напряжение питания (50 Гц), В	220	220
Потребляемая мощность, Вт	600	1000
Габаритные размеры, мм	400×180×220	400×210×250
Масса, кг	13	15

Техническая характеристика пистолета:

	PS-1K	F1
Диаметр деталей крепления, мм ...	M3–M8, или 3–8	M3–M10, или 3–10
Длина деталей крепления, мм	40	250
Материал деталей крепления	Сталь, нержавеющая сталь, латунь	
Тип сварки	Контактный	Контактный
Длина кабеля, м	3	4
Габаритные размеры, мм	124×140×40	124×140×40
Масса (без кабеля), кг	0,4	0,3

Аппараты оснащены системой безопасности, которая отключает подачу электроэнергии при перегреве и высоком напряжении.

Сварочные пистолеты, входящие в систему приварки деталей крепления, разработаны для приварки их с зажиганием кончика сварочной детали в соответствии с DIN 32501. Их рекомендуют также для приварки деталей крепления на обрабатываемые детали в узком или труднодоступном пространстве.

Стандартная комплектация сварочной системы включает блок питания, сетевой шнур, сварочный пистолет контактного типа PS-1 или F-1, кабели заземления со сварочными зажимами на концах, цанговый держатель M3–M8 с торцовым ключом для его установки.

● #786



ООО «Телесистемы»
(Ростов-на-Дону)

Новое поколение установок для диффузионной сварки разнородных материалов

А. В. Люшинский, д-р техн. наук, ФНПЦ ОАО РПКБ (Раменское),
В. В. Константинов, Ю. А. Соколов, кандидаты техн. наук, ОАО «Электромеханика» (Ржев),
С. В. Чуклинов, канд. экон. наук, ОАО «НПО Сатурн», **А. В. Билык**, ОАО «АТИК» (Москва)

Многочисленные специализированные выставки по сварке (например, Эссен — 2001 г., 2005 г., в России и в странах СНГ) показывают, что основное внимание большинства производителей сосредоточено на разработке и производстве оборудования для выполнения сварки плавлением, в частности, аргонодуговой, микроплазменной, контактной, лазерной и др. В насыщении рынка таким высококачественным и высокопроизводительным оборудованием преуспели как иностранные, так и российские компании.

К сожалению, что касается разработок высокотехнологичного и наукоемкого оборудования, такого как вакуумно-термические установки для диффузионной сварки, то нынешняя ситуация хуже, чем в 1970–1980-е годы. Это направление развивается слабо, во-первых, из-за сокращения числа потенциальных промышленных потребителей этой технологии. Во-вторых, имеющееся оборудование отличается низкой производительностью, а вакуумные камеры рас-

считаны на сварку деталей максимального диаметра 220 мм и высотой до 300 мм. В-третьих, стоимость таких установок даже вторичного уровня очень высока, а с учетом необходимости иметь высококвалифицированные кадры для реализации технологий диффузионной сварки для среднего промышленного предприятия задача обладать оборудованием и технологиями диффузионной сварки разнородных материалов практически невыполнима.

Научно-техническое сотрудничество ряда предприятий авиационной промышленности позволило разработать и создать новое поколение установок для диффузионной сварки в вакууме.

Установка СДВУ–100 (рис. 1) отличается от традиционных установок для диффузионной сварки раннего поколения тремя главными конструктивными особенностями: модульным исполнением основных комплектующих; наличием рабочего стола для размещения подлежащих сварке деталей, который не передает прикладываемое сварочное давление на днище рабочей вакуумной камеры; возможностью замены вакуумной камеры на камеру требуемых размеров при необходимости сваривать длинномерные изделия.

Установка состоит из модуля рабочей вакуумной камеры 1, модуля вакуумирования 5, модуля управления 7 и трансформатора 6. Вакуумная камера имеет объем 0,1 м³, в ней можно сваривать детали диаметром 280 мм и высотой 320 мм. Рабочий стол 9 и система нагружения 3 соединены с камерой сильфонными металлическими переходниками. Необходимое сварочное давление обеспечивает двигатель постоянного тока 8, с его же помощью регулируют скорость нарастания усилия сжатия. Нагреватели 4 изготовлены из тугоплавких материалов и всегда имеют форму и размеры сва-

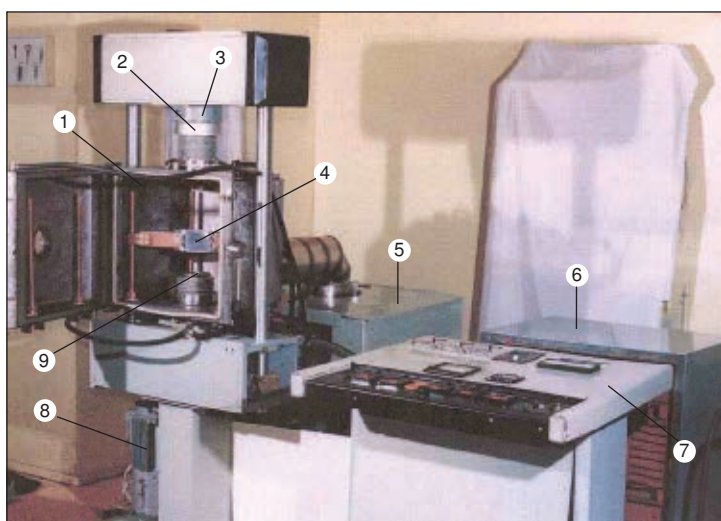


Рис. 1. Установка СДВУ–100 для диффузионной сварки: 1 — модуль рабочей вакуумной камеры; 2 — силоизмерительное устройство; 3 — система нагружения; 4 — нагреватель; 5 — модуль вакуумирования; 6 — трансформатор; 7 — модуль управления; 8 — двигатель постоянного тока; 9 — рабочий стол

риваемых деталей (с небольшим постоянным зазором).

Через герметичный ввод (всего их четыре) в камере размещают термопару для контроля температуры процесса сварки.

Контроль за работой всех систем установки, а также за параметрами процесса диффузионной сварки осуществляется приборами на столе оператора модуля управления. Имеется возможность подключения контроллера-программатора для задания программы процесса диффузионной сварки и слежения за ее исполнением.

Технологический цикл сварки одного изделия включает:

- сборку изделия в специальном приспособлении в рабочей камере;
- создание вакуума (не хуже 0,66 Па) в рабочей камере;
- нагрев до рабочей температуры $T_{св}$;
- выдержку при $T_{св}$ и сварочном давлении P ;
- охлаждение до $T_{комн}$;
- подачу воздуха в рабочую камеру;
- разборку приспособления и извлечение готовой детали.

Обычно он занимает 3–4 ч при сварке деталей из металлических материалов, когда нет необходимости строго контролировать и управлять скоростями нагрева и охлаждения, которые могут достигать 30–50 °С/мин. При сварке узлов, представляющих сочетание металлических и неметаллических деталей, когда температурно-временной режим оказывает основное влияние на качество соединения, технологический цикл может длиться 8–10 ч и более. Но даже групповая технология (сварка нескольких узлов в многоместном приспособлении) не обеспечивает крупносерийное производство.

Разработана и изготовлена установка УДС–1 нового принципа исполнения (рис. 2) для диффузионной сварки в вакууме. Она состоит из главной рабочей камеры объемом 0,4 м³ (диаметр 1 м, высота 0,5 м), вакуум (0,066 Па) в которой создается двумя форвакуумными насосами и одним диффузионным.

Принципиальная схема установки показана на рис. 3. Установка состоит из рабочей вакуумной камеры А манипулятора, системы В вакуумирования и устройств контроля за ее работой и механизмов В перемещения штоков и вращения планшайбы.

Рабочая вакуумная камера расположена внутри силовой рамы 1. Внутри камеры находится планшайба 2, которая может вращаться на оси вала 4. На планшайбе расположены четыре съемных рабочих стола 3

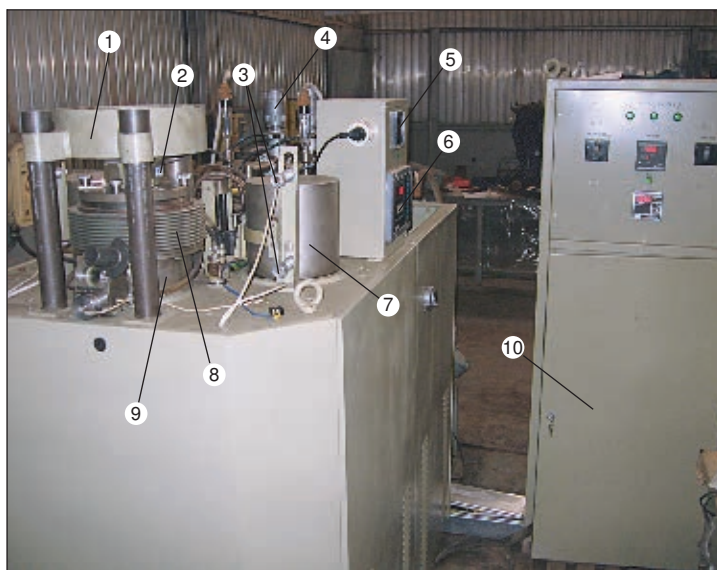


Рис. 2. Установка УДС–1 для диффузионной сварки: 1 — силовой упор; 2 — силоизмерительное устройство; 3 — датчики положения камеры загрузки; 4 — элементы вакуумной системы; 5 — датчик температуры; 6 — терминал «ТВ–003/05Д»; 7 — камера загрузки; 8 — сильфонный узел; 9 — камера сварки; 10 — шкаф управления

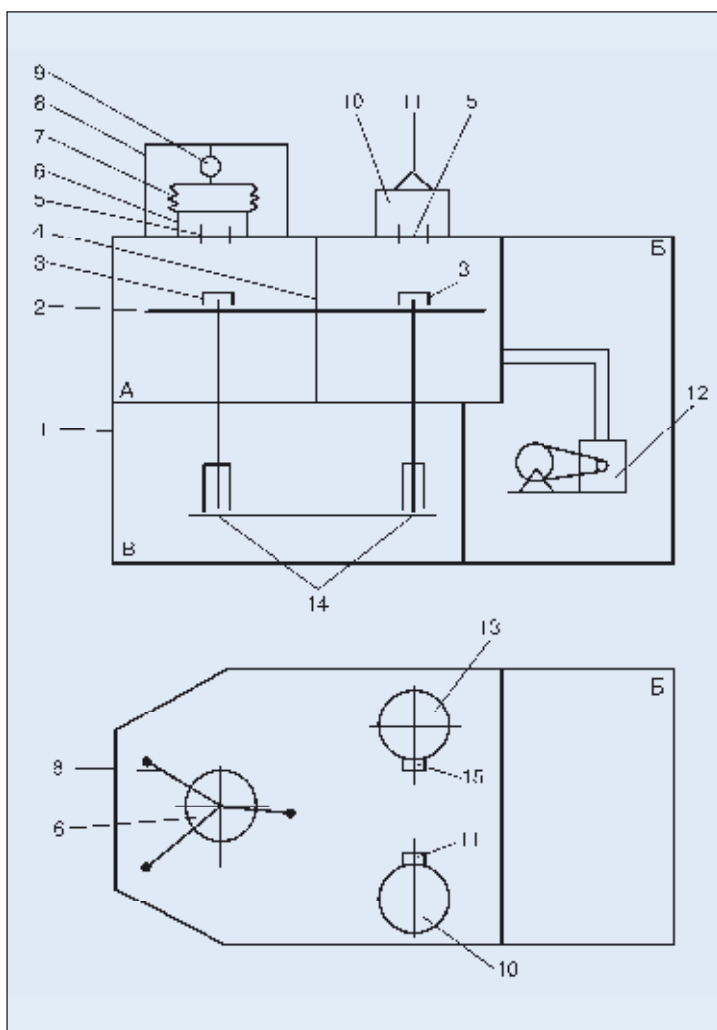


Рис. 3. Принципиальная схема установки УДС

для сборки деталей под сварку. На одной оси с рабочими столами 3 в рабочей камере сделаны отверстия 5 для перемещения рабочих столов из рабочей камеры в камеры загрузки, сварки, выгрузки и обратно. На внешней стороне рабочей вакуумной камеры расположена камера сварки 6 с сильфоном 7, над которой установлен силовой упор 8 с силоизмерительным устройством 9. Под углом 120° к камере сварки находится камера загрузки 10 и камера выгрузки 13 соответственно с механизмами подъема-опускания 11 и 15. Механизмы перемещения штоков 14 расположены на силовой раме 1 ниже вакуумной рабочей камеры.

Камера расположена внутри силовой рамы. Снизу к ней крепятся механизмы вращения и перемещения, а также приложения нагрузки. Механизм вращения вращает в горизонтальной плоскости планшайбу, находящуюся в камере. На планшайбе расположены под углом 90° относительно друг друга четыре съемных рабочих стола для сборки деталей под сварку. Механизм приложения нагрузки выполняет две функции: перемещает рабочие столы в вертикальном направлении и обеспечивает передачу сварочного давления деталям во время сварки.

Сверху на камере имеются три отверстия, которые закрываются вертикально перемещающимися колпаками. Это так называемые камеры загрузки, сварки и выгрузки. Они расположены строго над рабочими столами планшайбы.

Установка работает следующим образом. При включении установки все рабочие столы подняты вверх до полного соприкосновения с верхними отверстиями рабочей камеры. Вакуумный насос 12 начинает откачивать из камеры воздух, создавая вакуум. Колпак загрузочной камеры поднят, на первый рабочий стол устанавливается приспособление со свариваемыми деталями. После установки приспособления колпак опускается и из-под колпака откачивается воздух. Когда давление в камере и под колпаком выровняется, первый рабочий стол с деталями специальным штоком опускается на планшайбу. Стол фиксируется на планшайбе, а шток опускается ниже уровня планшайбы, чтобы не мешать ее вращению. Планшайба поворачивается на 90° и переносит первый рабочий стол с деталями под сварочную камеру. Вторым штоком первый рабочий стол с деталями поднимается в зону сварки под нагреватели. Детали упираются в верхнюю крышку сварочной камеры,

на которой снаружи установлено силоизмерительное устройство, контролирующее заданное сварочное давление на свариваемые детали. Специальное устройство ввода термомпары обеспечивает ее касание с деталями для фиксирования и регулирования температуры в зоне сварки. Включается нагрев и начинается сварка.

В это же время шток камеры загрузки поднимает с планшайбы второй рабочий стол до полного касания с отверстием рабочей камеры таким образом, чтобы изолировать камеру загрузки от внутреннего объема рабочей камеры. Поднимается колпак камеры загрузки, и на второй рабочий стол устанавливается второе приспособление с собранными деталями под сварку. Колпак опускается, создается вакуум в подколпачном пространстве. Затем шток опускает второй рабочий стол на планшайбу, а сам перемещается ниже уровня планшайбы.

За время работы оператора в загрузочной камере по установлению деталей и их опусканию на планшайбу в сварочной камере завершается сварка. Выключают нагрев, отводят термомпару от деталей. Шток опускает первый рабочий стол со сваренными деталями на планшайбу и проворачивает ее на 90° так, что первый рабочий стол располагается над штоком, который перемещает его в камеру охлаждения и выгрузки. Одновременно с этим второй рабочий стол поступает в сварочную камеру, где повторяются те же операции, что и ранее при нахождении там первого рабочего стола.

Вместе с этим на шток под камеру загрузки на планшайбе поступает третий рабочий стол. Все три штока одновременно поднимаются, каждый из них занимает следующую позицию: в камере загрузки шток поднимает третий рабочий стол и перекрывает доступ воздуха в рабочую камеру. В сварочной камере шток поднимает второй рабочий стол с деталями к нагревателям, в камере выгрузки детали охлаждаются в вакууме до комнатной температуры.

Таким образом, в камере загрузки происходит разгерметизация, подъем колпака и загрузка приспособления со следующими деталями. В сварочной камере на втором рабочем столе проводится диффузионная сварка. В камере выгрузки после охлаждения деталей напускается воздух, поднимается колпак и извлекаются сваренные детали. Колпак опускается, подколпачное пространство герметизируется, шток с первым рабочим столом перемещается в нижнее положение.

В это же время в камере загрузки опускается колпак, создается вакуум и шток с третьим рабочим столом опускается на планшайбу. После сварки деталей на втором сварочном столе в камере сварки выключается нагрев, отводится термопара, шток переносит стол на планшайбу. Планшайба вращается на 90° так, чтобы третий рабочий стол с деталями под сварку попал в сварочную камеру, второй стол из сварочной камеры — в камеру охлаждения, а четвертый рабочий стол — в камеру загрузки для сварки новой партии деталей.

Описанные манипуляции всех механизмов и устройств выполняются в полном соответствии с программой, заложенной в промышленном компьютере, который является неотъемлемым элементом конструкции установки. Нужно отметить, что предусмотрена работа установки и в ручном режиме, что важно на этапе отработки режимов диффузионной сварки новых материалов и изделий.

Установка в полном объеме оснащена контролирующими приборами и устройствами, а именно:

- в пяти точках вакуумной системы осуществляется контроль наличия и поддержания вакуума;
- имеется силоизмерительное устройство для измерения и обеспечения заданного сварочного давления на свариваемые детали;
- термопара контролирует и обеспечивает поддержание заданной температуры в зоне сварки.

Измерение давления в различных точках вакуумной системы установки обеспечивает сертифицированный прибор «Метакон-562».

Вакуумная система установки состоит из двух линий: низковакуумной и высоковакуумной. Форвакуумный режим откачки обеспечивается механическим насосом АВЗ-20 и роторным насосом ДВН-150. Высоковакуумный режим обеспечивается диффузионным паромасляным насосом НД-250 и механическим насосом НВР-5. Две линии связаны между собой через клапан.

Вакуумная система оснащена измерительными средствами давления ПМТ-2, а также автономной системой водяного охлаждения и контроля.

Терминал «ТВ-003/05Д» обеспечивает измерение сжимающего усилия (преобразованием сигнала с тензодатчика в цифровой код), отображение результатов измерения, обмен информацией с программируемым контроллером.

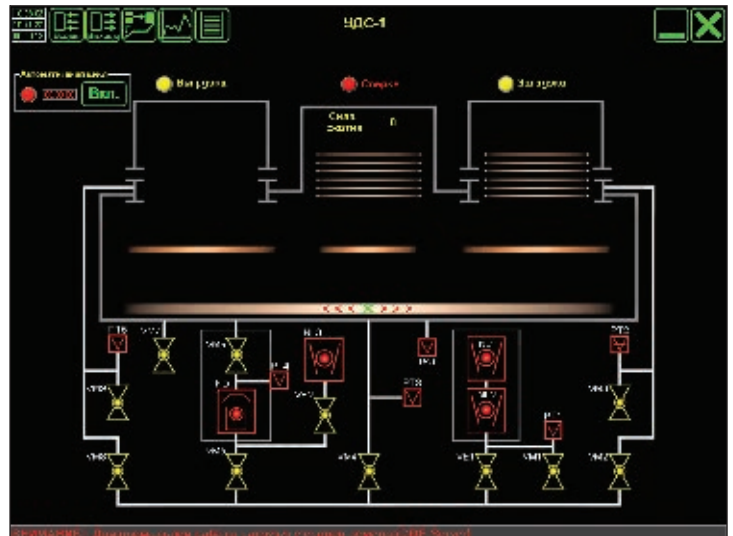


Рис. 4. Экран с базовым окном оперативного управления

Система управления (СУ) установки, построенная по структуре PLC-PC, включает логический программируемый контроллер семейства DL-205 компании PCL Direct by Kooyo Inc (нижний уровень) и персональный компьютер (верхний уровень).

СУ конструктивно состоит из шкафа силовой автоматики; шкафа управления нагревом, усилием сжатия и вакуумной откачкой; автоматизированного рабочего места оператора на базе персонального компьютера.

Функции распределены между контроллером и компьютером. Контроллер управляет технологическим процессом, компьютер выполняет только терминальную задачу управления: ввод, редактирование и запись программ диффузионной сварки, визуальный контроль состояния элементов технологического оборудования, хранение файлов истории технологического процесса, событий и ошибок.

Аппаратные средства СУ позволяют реализовать закон автоматического регулирования температуры с программируемым участком нарастания и спада температуры, усилия, поворота планшайбы.

На рис. 4 представлен экран с базовым окном для оперативного управления. Области базового окна вакуумной установки для диффузионной сварки отличаются от области традиционного окна СЧПУ. Основное место экрана занимает мнемосхема установки, отображающая состояние элементов вакуумной системы, систем нагрева и усилия. Мнемосхема включает управляющие элементы (насосы и клапаны), элементы для динамического отображения значений силы тока и температуры.

Цвет элемента технологической системы показывает его состояние: красный — клапан закрыт, насос выключен; зелёный — клапан открыт, насос включён, желтый — неопределённое положение механизма.

Область функциональной клавиатуры включает кнопки «Клавиша», нажатие на которые открывает новое диалоговое окно («Выходы», «Входы», «Программа сварки», «Регистрация», «График»), и кнопки «Триггер», позволяющие последовательно активировать и деактивировать включение автоматического цикла сварки.

Система управления во время работы производит регистрацию и хранение параметров технологического процесса с привязкой к конкретному изделию и реальному времени, контроль событий, ошибок и аварийных ситуаций с записью на электронный носитель с функциями, подобными функциям «черного» ящика, создавая архивный файл, файл параметров нагрева, файл событий и файл ошибок.

Запись в архивный файл происходит с заданной периодичностью. Данные хранятся в формате Excel. Файл содержит данные о регистрации; текущую программу нагрева (если она загружена, в противном случае выводится надпись «Управляющая программа не загружена!»); архивные данные (общее время и время от включения системы управления, вакуум, температура).

На основании файла архива, сохраненного в формате Excel, оператор имеет воз-

можность построить графики основных технологических параметров для дальнейшего анализа рабочего цикла установки.

Запись в файл событий происходит в момент их возникновения: включение-выключение устройств, изменение вакуума на каждую степень, изменение температуры на каждые 100 градусов и т. д. Файл событий содержит дату запуска программы, время события (общее время и время от включения установки) и его описание.

Запись в файл ошибок происходит в момент возникновения ошибки. В этом файле фиксируют дату, время, код и описание ошибки. Файл хранится в текстовом формате.

Оператор имеет возможность в реальном масштабе времени просмотреть график температуры или усилия. Обновление данных происходит с заданной периодичностью. Задание управляющих воздействий и ввод программируемых параметров технологического процесса осуществляется с помощью клавиш.

Полностью автоматическое управление сварочным циклом позволяет исключить влияние человеческого фактора на производственный процесс.

Представленная установка дает возможность реализовать технологии диффузионной сварки самых различных материалов. Установка наиболее эффективна на серийных заводах. Ее использование позволяет повысить производительность по сравнению с ранее выпускавшимися установками в 2–3 раза.

● #787

Вышли из печати

А. А. Кайдалов. Современные технологии термической и дистанционной резки конструкционных материалов

Киев: «Экотехнология», 2007. — 456 с. с илл.

Приведены современные данные об основах физики и технологий резки конструкционных материалов с применением различных методов термической и дистанционной резки: кислородной, плазменной, лазерной, водоструйной, взрывом, электронно-лучевой, ультразвуковой, солнечно-лучевой, электроэрозионной. Описаны технические требования, принципы построения и характеристики современного отечественного и зарубежного оборудования для данных методов. Даны сведения по технике безопасности при каждом методе резки. Освещен опыт промышленного применения указанных технологий.

Рассмотрены специальные термические и дистанционные технологии резки: подводная резка, разделка боеприпасов и резка в медицине. Приведены сведения по некоторым специальным технологиям механической резки: канатной резке, обработке торцов труб и прутков, глубокому фрезерованию для разделки кромок под сварку.

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



Заказы на приобретение сборника направляйте по адресу: 03150 Киев, ул. Антоновича, 62, издательство «Экотехнология». **Тел./факс:** +380 44 287 6502. **E-mail:** welder@welder.kiev.ua

Прогрессивная технология изготовления сварных декомпозеров

Ю. В. Демченко, Г. И. Лащенко, кандидаты техн. наук, НТК «Институт электросварки им. Е. О. Патона»,
В. А. Качанов, канд. хим. наук, ОАО «УкрНИИхиммаш», **Г. Н. Пирогов, Д. В. Чуклин**, ОАО «БАЗ-СУАЛ»

Корпуса декомпозеров различных типов представляют собой сварные металлические сосуды диаметром 8000–12000 мм и высотой до 34200 мм, конструктивно состоящие из 16–17 сваренных между собой разнотолщинных обечаек, изготовленных из стали СтЗсп5 по ГОСТ 380–94. Толщина стенки нижней обечайки не превышает 30 мм, а верхней – 10 мм.

Декомпозер предназначен для разложения алюминатного раствора, содержащего 195 г/л NaOH и до 150 г/л Al₂O₃ с выделением в твердую фазу гидроксида алюминия Al(OH)₃. Температура раствора около 60 °С.

Существующая технология изготовления декомпозеров предусматривает заводское изготовление гнутых и плоских листовых деталей, а также отдельных узлов и их последующую сборку и сварку при монтаже. Сварные соединения при монтаже выполняют преимущественно ручной дуговой сваркой электродами УОНИ–13/55.

Алюминатный раствор, являющийся агрессивной средой по отношению к корпусу декомпозера, в сочетании с высокими растягивающими сварочными напряжениями, которые возникают при монтаже и при эксплуатации, вызывает коррозионное растрескивание стали, приводящее к течам, что может быть причиной серьезных аварий.

Коррозионные трещины образуются преимущественно в районе кольцевых, а также вертикальных сварных швов и зон термического влияния в местах монтажных прихваток.

Причиной образования указанных дефектов могут быть:

- отклонение декомпозера от проектного положения и, как следствие, возникновение растягивающих напряжений в цилиндрической части декомпозера;
- изменение геометрических размеров обечаек декомпозера вследствие отклонения от проектной оси (деформация обечаек достигает 30–50 мм);
- наличие в ряде случаев смещений вертикальных швов сопрягаемых обечаек на величину менее 200 мм;
- наличие монтажных прихваток, не подвергнутых последующей послесварочной обработке;
- повышенная чешуйчатость сварных швов, выполненных ручной дуговой сваркой, которая вы-

ступает в роли дополнительных концентраторов напряжений и электрохимической коррозии.

Практика сварочного производства показывает, что коррозионная стойкость сварных конструкций может быть улучшена за счет выбора более стойкой к коррозии стали, применения различного рода защитных покрытий, улучшения качества сварных соединений, уменьшения и перераспределения остаточных растрескивающих напряжений.

Применительно к изготовлению декомпозеров, по мнению специалистов, замена стали СтЗсп5 на другую, обладающую более высокой коррозионной стойкостью, экономически нецелесообразна. Не дали положительного результата и работы по применению экономичных защитных покрытий (например, бетонирование корпусов декомпозеров). Поэтому основным направлением дальнейшего совершенствования технологии изготовления декомпозеров следует признать повышение качества сварных соединений, уменьшение и перераспределение остаточных растягивающих напряжений.

С этих позиций важным элементом является замена ручной дуговой сварки механизированной и автоматизированной. Такая замена сама по себе радикально не изменяет напряженно-деформированное состояние сварной конструкции. В то же время она является существенной предпосылкой повышения качества сварных швов, и в сочетании с соблюдением соответствующего порядка их выполнения и раскладки валиков может повысить коррозионную стойкость.

Известно, что качество выполнения сварочных работ может быть обеспечено при условии их проведения квалифицированным персоналом, строго соблюдающим технологические регламенты и инструкции.

Изменена технология выполнения горизонтальных и вертикальных сварочных швов декомпозеров: принята механизированная и автоматизированная сварка в газовых смесях на основе аргона. При этом основной акцент сделан на особенности изготовления металлоконструкций в условиях работы на открытых площадках, когда проявляется ряд неблагоприятных факторов, которые могут снизить качество сварных швов и соединений. К таким факторам относят ветер, пониженную температуру и повышенную влажность окружающей среды. Кроме отрица-

тельного влияния непосредственно на процесс сварки, некоторые факторы, например пониженная температура окружающей среды, оказывают также отрицательное воздействие на сварщика: снижают его работоспособность, притупляют внимание, что может привести к появлению дефектов в сварных швах.

Для устранения влияния неблагоприятных факторов погоды на процесс сварки необходимо:

- специально подготавливать аппаратуру для работы на морозе (использовать специальные

смазки, применять подающие механизмы с двумя парами роликов, использовать для охлаждения горелок, формирующих ползунов и других устройств антифриз и др.) и создавать наиболее благоприятные условия труда для сварщиков (защита от ветра и сквозняков, теплая легкая одежда, правильное чередование периодов работы и отдыха);

- при скорости ветра более 2 м/с сварку в защитных газах производить с увеличенной в 1,4–1,5 раза скоростью истечения газа; устанавливать горелку перпендикулярно к изделию; уменьшать зазор между соплом и изделием до минимальной величины; использовать электродную проволоку повышенного качества и защитный газ повышенной чистоты; применять сварочную горелку специальной конструкции, обеспечивающую высокий коэффициент жесткости (устойчивости) струи защитного газа;
- сварочный пост для механизированной и автоматизированной сварки дополнительно комплектовать тентами, ширмами, насадками и другими приспособлениями для защиты зоны сварки от ветра.

Поскольку полностью исключить образование внутренних дефектов в швах невозможно, то все сварные швы подлежат 100%-му контролю неразрушающими методами. Недопустимые дефекты подлежат ремонту и последующему контролю.

Послесварочная обработка декомпозиеров с целью снижения остаточных растягивающих напряжений является важнейшим элементом повышения их коррозионной стойкости. В практике изготовления декомпозиеров использовали различные технологии послесварочной обработки:

1. Выполняли электронагревателями местную термообработку продольных и кольцевых швов обечаек при монтаже. При этом продольные (вертикальные) швы термически обрабатывали после сборки обечаек, а кольцевые (горизонтальные) — после сварки всего декомпозиера. Время термообработки декомпозиера превышало 60 сут, что нельзя считать приемлемым.

2. Производили внепечную термическую обработку по режиму отпуска полностью сваренного декомпозиера, которая заключалась в нагреве внутреннего объема изделия, покрытого предварительно для теплоизоляции с наружной стороны продуктами сгорания жидкого топлива, полученными в процессе работы специальных теплогенераторных устройств. При этом исходный уровень растягивающих напряжений (суммарных от сварки, подгоночных работ и массы декомпозиера), превышающий значения предела текучести стали Ст3 (250 МПа), после термообработки снизился на 33% (207 МПа). К недостаткам упомянутого способа следует отнести высокую энергоемкость и определенную слож-

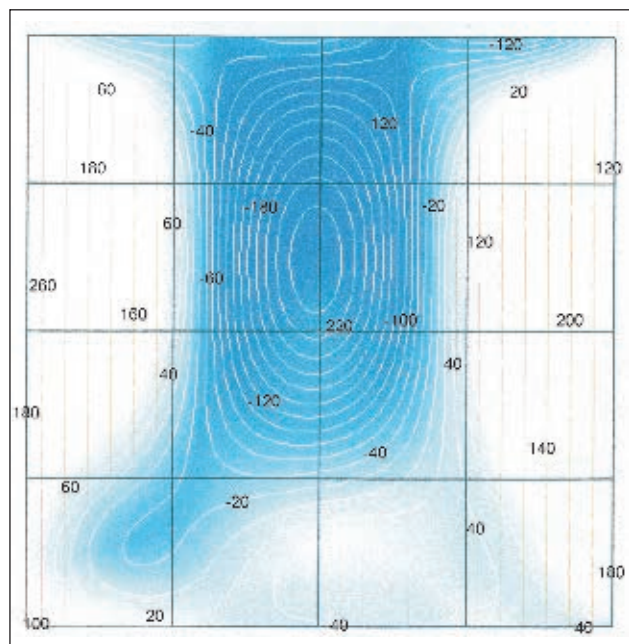


Рис. 1. Двухмерная карта РГМН сварного соединения замыкающего шва окрайки днища в состоянии после сварки

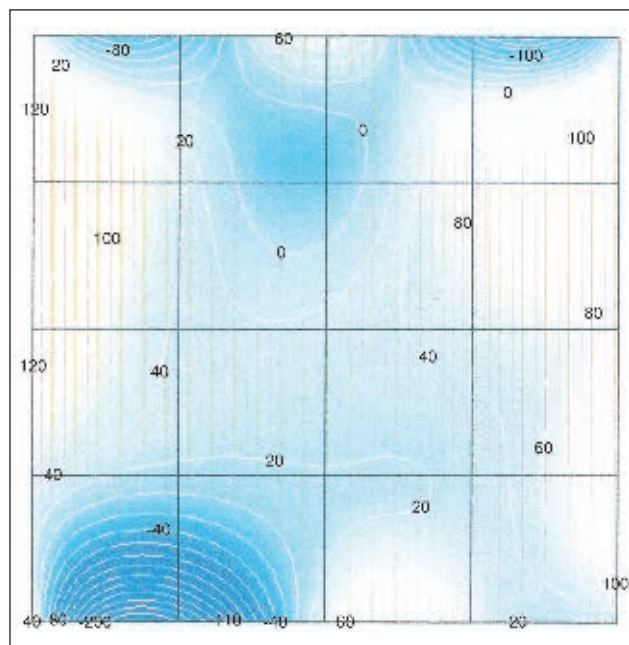


Рис. 2. Двухмерная карта РГМН сварного соединения замыкающего шва окрайки днища после ультразвуковой ударной обработки

ность организационно-технических работ, проводимых при монтаже, невозможность полной термообработки нижней части декомпозера, наиболее конструктивно сложной и работающей в наиболее тяжелых условиях.

3. На ряде заводов применяли промышленную технологию обработки взрывом сварных соединений корпусов декомпозеров, где было обработано более 240 тыс. пог. м швов.

К недостаткам этой технологии следует отнести ряд специфических особенностей процесса обработки взрывом. Они связаны, прежде всего, с необходимостью подготовки специального персонала для взрывных работ, решения организационных вопросов получения, транспортировки, хранения и установки взрывчатых веществ, обеспечения безопасности проведения взрывных работ в производственных условиях. Серьезными факторами, тормозящими использование технологии взрывом, является далеко еще непреодоленный психологический барьер, связанный с традиционно сложившимся мнением о разрушительной функции взрыва, а также не всегда обоснованное мнение о существенном снижении пластических свойств металла при обработке взрывом.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что поиск альтернативных технологий послесварочного снижения остаточных напряжений в декомпозерах остается актуальным и в настоящее время.

По мнению авторов, одной из таких технологий является ультразвуковая ударная обработка (УУО). Известно, что с помощью УУО в обрабатываемой зоне взамен растягивающих наводятся сжимающие напряжения при минимальных энергетических затратах. Это происходит в результате пластической деформации обрабатываемого материала и распространения в нем мощных волн напряжений на частоте ударов и несущей частоте импульсов ультразвука (22–55 кГц).

Метод УУО мобилен, производителен, характеризуется низкой энергоемкостью, экологически чист и безопасен в производстве. Эффективность УУО при изготовлении декомпозеров оценивали в производственных условиях с помощью сканера-дефектоскопа «Комплекс–205», рекомендованного в России для диагностирования сварных конструкций. В упомянутом приборе используется явление магнитомеханической анизотропии. Производили замеры разности главных механических напряжений (РГМН), которая характеризует диапазон верхней и нижней границ нормальных напряжений, действующих по площадкам, где отсутствуют касательные напряжения. Измерения выполняли после сварки замыкающего шва окрайки днища декомпозера и после ультразвуковой обработки этого соединения. Сварной стыковой шов толщиной 20 мм выполняли за четыре прохода.

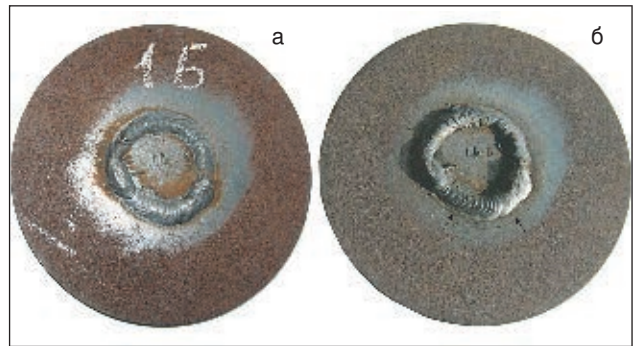


Рис. 3. Сварной образец: а — до испытаний; б — после испытаний на склонность к коррозионному растрескиванию (коррозионное растрескивание после 5 ч испытаний в растворе, содержащем 57% $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ и 6% NH_4NO_3 при температуре кипения)

На рис. 1 показана мерная карта РГМН замыкающего шва окрайка днища до УУО. Шаг сетки замеров по координатам X и Y 20×20 мм, при этом максимальные сжимающие напряжения составили 273 МПа, а растягивающие — 255 МПа. Аналогичная карта после ультразвуковой ударной обработки представлена на рис. 2. Под воздействием УУО максимальные сжимающие напряжения снизились до 65 МПа, а растягивающие — до 88 МПа. Этими и другими замерами установлено, что в результате УУО максимальные растягивающие напряжения сжимаются на 55–60%.

Коррозионную стойкость изучали на плоских сварных образцах и образцах в виде кольца согласно ГОСТ 26294–84. Исследования электрохимической гетерогенности сварных соединений производили в 20%-м растворе едкого натра при контактной температуре. Замеряли потенциалы в различных зонах (основной металл, зона термического влияния, металл шва) по отношению к насыщенному хлорсеребряному электроду. Было установлено, что УУО плоских сварных образцов из стали Ст3 толщиной 10 мм улучшает электрохимическую гетерогенность зоны термического влияния на 60 мВ, а основного металла — на 90 мВ, что должно способствовать торможению протекания коррозионных процессов в сварных соединениях. Испытания сварных образцов в виде кольца (рис. 3) на склонность к коррозионному растрескиванию проводили в кипящем растворе, содержащем 57% $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ и 6% NH_4NO_3 . При этом стойкость против коррозионного растрескивания образцов, подвергнутых УУО, увеличилась в пять раз по сравнению со стойкостью образцов в состоянии после сварки.

Таким образом, предложенная комплексная технология с использованием механизированной и автоматизированной сварки, 100%-го неразрушающего контроля и последующей ультразвуковой ударной обработки является перспективной для изготовления декомпозеров и аналогичных им конструкций.

● #788

Совершенствование технической подготовки производства новых изделий в вагоностроении

В. А. Роянов, д-р техн. наук, Приазовский государственный технический университет (Мариуполь),
Ю. Д. Сердюк, П. В. Коросташевский, Головной специализированный конструкторско-технологический институт (Мариуполь)

В условиях современного рынка массовое производство вагонов утратило свою актуальность. В настоящее время потребительскому спросу наиболее соответствует серийный и мелкосерийный типы производства. Однако частая смена номенклатуры изделий неизбежно влечет за собой ряд дополнительных проблем. Одна из них — необходимость заново выполнять техническую подготовку производства, причем, нередко, в довольно значительных объемах.

Создание конкурентоспособной продукции требует внедрения новых технологий и выхода с ней на рынок в кратчайшие сроки. Такая ситуация вынуждает вагоностроителей параллельно с проектированием и испытанием опытных образцов вагонов вести разработку конструкторской документации и изготовление специального технологического оборудования, оснастки и инструмента, что приводит, в случае изменения конструкции вагонов, к серьезным материальным потерям, снижению эффективности производства и увеличению сроков освоения новой продукции. Поэтому сокращение сроков конструкторско-технологической подготовки производства новых изделий вагоностроения без выполнения при этом бросовых работ, является важной практической задачей.

Анализ отечественных и зарубежных исследований и разработок показывает, что в описании характеристик типов производства, а также некоторых аспектов подготовки производства в машиностроении, нет решения на поставленные задачи. В них приведены укрупненные схемы инновационной деятельности предприятия при организации производства новой продукции в современных условиях, однако для конкретизации проблема требует дальнейших исследований.

Целью данной работы является исследование и разработка современных схем технической подготовки производства при освоении изготовления новых изделий в

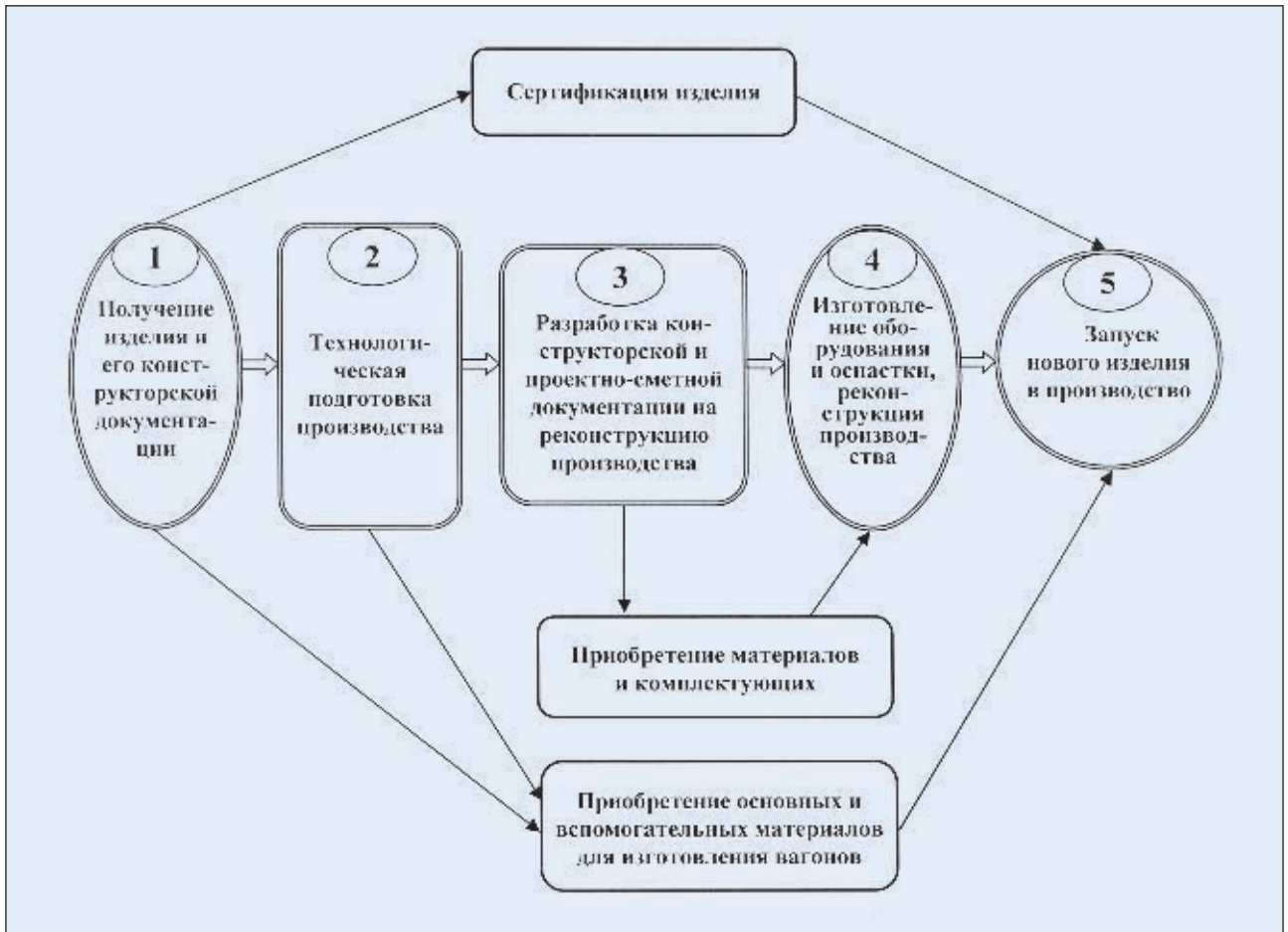
вагоностроении применительно к условиям ОАО «Азовмаш».

Обычная (классическая) укрупненная схема технической подготовки производства вагонов предусматривает последовательное выполнение всех основных ее этапов (рис. 1), первым из которых является получение самого изделия и конструкторской документации на это изделие. Основные моменты данного этапа: разработка конструкторской документации вагона, изготовление и испытание опытного образца и опытной партии вагонов, корректировка и согласование конструкторской документации, передача ее для серийного производства вагонов.

Вторым этапом является технологическая подготовка производства, включающая, в общем случае, определение выпускающих цехов, решение вопросов кооперации между цехами-изготовителями, составление технологических маршрутов изготовления деталей, узлов и вагона в целом, разработку схем и планирование размещения оборудования, разработку технологических процессов изготовления, выбор типового и специального оборудования и приспособлений, оснастки и инструмента, разработку технических заданий на конструирование специального технологического оборудования, оснастки и инструмента, отсутствующего на предприятии и в свободной продаже, технических заданий на реконструкцию цехов.

Третий этап — это разработка рабочей конструкторской и проектно-сметной документации на специальное технологическое оборудование, приспособления, оснастку, инструмент, реконструкцию цехов, организационных документов на изготовление оборудования и строительно-монтажные работы.

Следующим, четвертым этапом является приобретение материалов, приобретение,



изготовление и испытание оборудования, оснастки, инструмента, реконструкция производства. Отдельные стадии этого этапа могут быть выполнены параллельно по мере готовности документации. Параллельно со вторым, третьим и четвертым этапами, как правило, приобретают основные и вспомогательные материалы для изготовления вагонов, а после завершения первого этапа сертифицируют изделия.

Последним, пятым этапом, является непосредственный запуск (начало изготовления) вагона в производство и выход на плановый выпуск изделия.

Классическая схема последовательного выполнения этапов технической подготовки производства полностью исключает их повторное (а то и многократное) выполнение и связанные с этим серьезные материальные издержки. Это обусловлено, прежде всего, тем, что к началу второго этапа предприятие имеет конструкторскую документацию испытанного и отработанного вагона, готового для использования в серийном производстве.

В начале каждого последующего этапа (после завершения предыдущего) получают

соответствующую конкретную стабильную техническую документацию, оборудование, оснастку и подготовленное к выпуску нового изделия производство, избежав при этом материальных потерь.

Однако техническая подготовка производства по такой схеме принципиально новых, сложных, серьезно модернизированных изделий в условиях современного рынка оказывается недопустимо длительной, что вынуждает предприятия для опережения конкурентов сокращать ее сроки, выполняя различные этапы параллельно. При этом нередко стремятся получить уже действующее специальное технологическое оборудование, весь комплекс оснащения производства и задел заготовок на новый вагон до корректировки его конструкторской документации после завершения испытаний опытной партии. В случае же серьезных доработок вагона неизбежны переделки всего оборудования и потери заготовок, а если при этом были изготовлены и изделия, затраты могут быть довольно серьезными.

В качестве альтернативы предлагается комбинированная схема технической под-

Рис. 1. Обычная (классическая) укрупненная схема технической подготовки производства новых изделий в вагоностроении

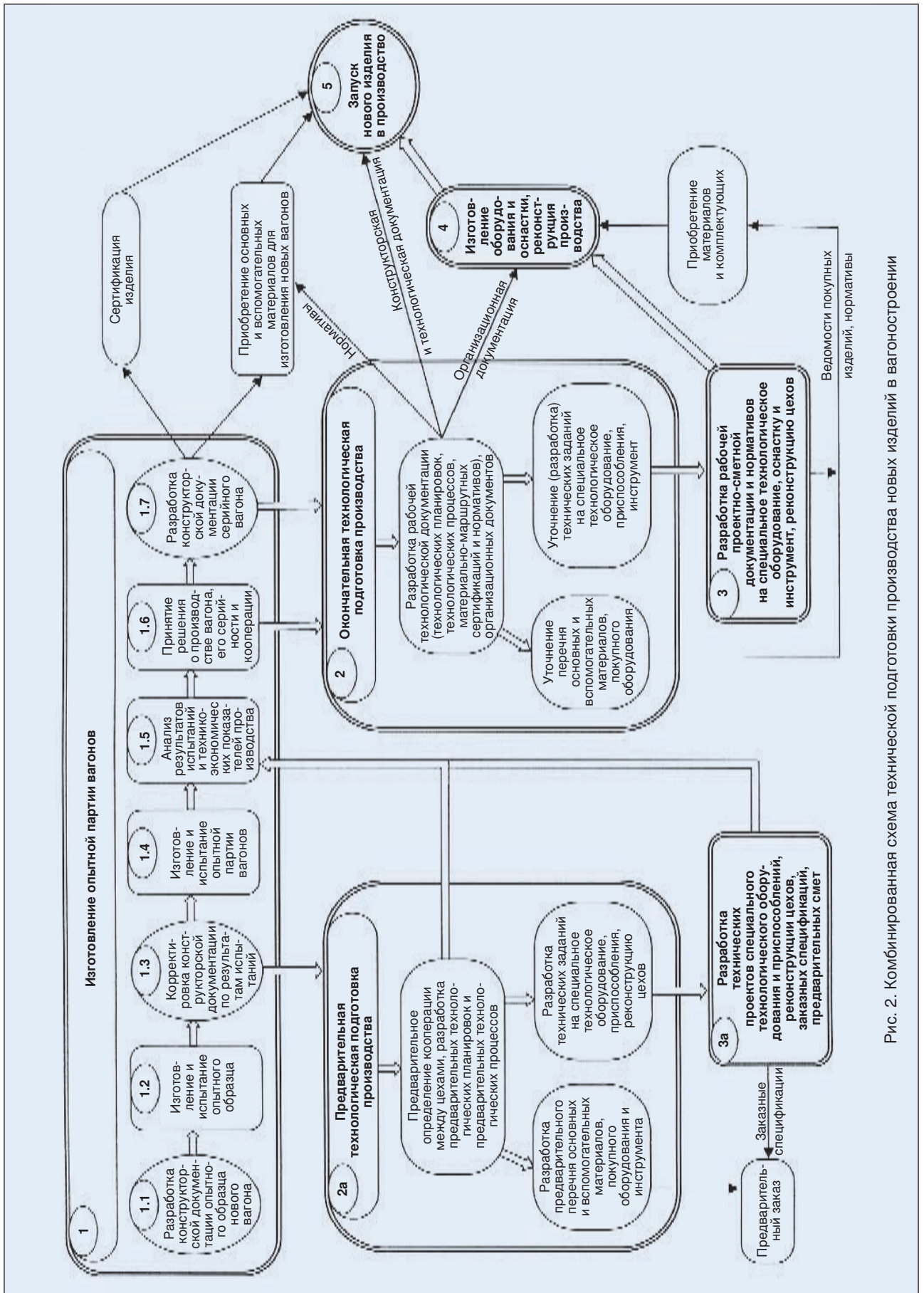


Рис. 2. Комбинированная схема технической подготовки производства новых изделий в вагоностроении

готовки производства новых изделий в вагостроении (рис. 2). В предлагаемой схеме на первом этапе — получение непосредственно изделия и его конструкторской документации — выделено семь основных стадий: от разработки и согласования конструкторской документации опытного образца до разработки конструкторской документации для серийного производства. Существенно, что начало технологической подготовки в виде предварительной подготовки предусматривается не после завершения первого этапа, а на его третьей стадии — при корректировке конструкторской документации вагона по результатам испытаний опытного образца.

После получения результатов испытаний опытного образца и корректировки его конструкторской документации принимают предварительное решение о кооперации между цехами при его изготовлении, разрабатывают предварительное планирование и технологические процессы, ведомости вспомогательных материалов и покупного оборудования, оснастки, инструмента. Разрабатывают технические задания на выполнение проектно-сметной документации на специальное технологическое оборудование, оснастку и инструмент собственного изготовления, реконструкцию цехов, а также технические проекты необходимого специального оборудования и приспособлений, оснастки, инструмента, планы реконструкции цехов, заказные спецификации на основные материалы и комплектующие изделия, предварительную сметную документацию. Заказные спецификации и предварительные ведомости вспомогательных материалов, покупного оборудования, оснастки, инструмента передают в коммерческие службы для проработки и предварительного заказа, а предварительную сметную документацию — в экономические службы для анализа по результатам испытаний опытной партии технико-экономических показателей будущего производства данных вагонов.

Таким образом, к моменту завершения испытаний опытной партии вагонов должна быть выполнена предварительная базовая технологическая подготовка производства, на основе которой после принятия решения о производстве успешно прошедшего испытания изделия и получения данных о корректировке конструкторской документации вагона, разворачивают ускоренную работу по практически параллельному завершению

второго и третьего этапов классической схемы. В то же время уточняют программу выпуска изделия и кооперацию между цехами, разрабатывают окончательное планирование и технологические процессы изготовления, материально-маршрутные спецификации и нормативы, ведомости вспомогательных материалов, покупного оборудования, оснастки и инструмента, уточняют (подтверждают) технические задания и на базе уже имеющихся технических проектов разрабатывают рабочую проектно-сметную документацию на специальное технологическое оборудование, приспособления, оснастку, инструмент, реконструкцию цехов, технические нормативы — словом, всю рабочую конструкторско-технологическую документацию для окончательной подготовки производства. Одновременно, не ожидая выхода последнего документа, по мере готовности проектов, идет приобретение материалов и комплектующих изделий и изготовление оборудования, приспособлений, инструмента, строительство фундаментов, подвод коммуникаций и тому подобное, т. е. выполняют работы четвертого этапа.

Комбинированная схема с введением этапа предварительной технологической подготовки с разработкой предварительных технологических документов, технических проектов специального технологического оборудования и реконструкции цехов позволит при сокращении времени на подготовку производства в целом избежать затрат, связанных с изменениями конструкции изделий по результатам испытаний и повысить качество самой подготовки.

В дальнейшем для сокращения сроков технической подготовки производства необходимо совершенствовать способы и методы испытаний опытных образцов и опытных партий вагонов, разработки технологической и конструкторской документации, широко внедряя современные методы исследований и компьютерные информационные технологии. Необходим перевод всех конструкторских и технологических подразделений, обеспечивающих техническую подготовку производства новых изделий в вагостроении, на технологии полного электронного определения изделия и параллельного инжиниринга, основанного на трехмерном моделировании и создании интегрированной базы данных, что существенно повысит качество и оперативность в реализации запросов заказчиков при создании и модернизации вагонов. ● #789



IV Региональный открытый конкурс профессионального мастерства сварщиков

состоится 28–30 августа 2007 г. в Одессе
на учебно-аттестационной базе ОИАЦ «Прометей»

На конкурсе будут определяться лучшие сварщики в следующих номинациях:

- * *ручная дуговая сварка покрытым электродом (111);*
- * *дуговая сварка вольфрамовым электродом в инертных газах (141);*
- * *дуговая сварка металлическим плавящимся электродом в активных газах (135).*

Победители IV Регионального открытого конкурса профессионального мастерства сварщиков награждаются:

- 1. Денежными премиями и ценными подарками.**
- 2. Дипломами Общества сварщиков Украины.**
- 3. Сертификатами сварщика.**

Оргкомитет, жюри, общественные и иные организации, спонсоры имеют право устанавливать специальные призы (ценные подарки) и премии участникам конкурса. Присуждение всех наград согласовывается с Оргкомитетом конкурса и жюри.

**Организатор конкурса —
Общество сварщиков Украины.**

Заявки на участие в открытом конкурсе (из всех регионов Украины) принимаются **до 20 августа 2007 г.** по адресу:

65003 г. Одесса, Газовый переулок, 4, Одесское отделение ОСУ,
Оргкомитет конкурса.

Телефоны для справок: (048) **741-14-85; 741-14-66; 723-37-40.**

Докажи Одессе, что ты профессионал!

Условия проведения конкурса

К участию в конкурсе допускаются дипломированные сварщики в возрасте старше 18 лет, обладающие знаниями и опытом работы по сварке способом, представленным на конкурсе.

Для оформления заявки необходимо заполнить регистрационную карточку и направить ее в Оргкомитет конкурса, а также внести регистрационный сбор (взнос) в размере 300 грн. (для членов ОСУ — 250 грн.) по каждой номинации (способу сварки). Без оплаты регистрационного сбора сварщики к участию в конкурсе не допускаются. В случае отказа кандидата от участия в конкурсе регистрационный сбор не возвращается.

Проезд иногородних участников до г. Одессы и обратно, а также проживание — за счет участников.

Порядок проведения конкурса

В состав жюри конкурса входят эксперты Украинского аттестационного комитета сварщиков и ведущие специалисты по сварке.

По каждой номинации конкурс проводится в II тура: I тур — демонстрация теоретических знаний; II тур — демонстрация практических навыков по выбранному способу сварки. Каждый претендент может принять участие в нескольких номинациях. Демонстрация теоретических знаний и практических навыков участником в каждом туре допускается только один раз. Результаты, показанные участниками в каждом туре, оцениваются по балльной системе. Теоретическая подготовка проверяется методом тестирования (порядка 50 вопросов). Победители конкурса определяются по сумме баллов, набранных в I и II турах (с учетом дополнительных баллов).

Оргкомитет конкурса обеспечивает каждого участника основными и сварочными материалами, спецодеждой и инструментом для демонстрации практических навыков и тренинга в течение 30 минут перед II туром. Участник имеет право использовать свою спецодежду и инструмент.

Программа конкурса

I тур. Демонстрация теоретической подготовки:

Для определения уровня знаний сварщика тестированием предлагаются вопросы из следующих разделов программы подготовки сварщиков:

1. Основы сварки плавлением (сущность процессов, напряжения и деформации при сварке, понятие и показатели свариваемости).
2. Сварные соединения и швы (классификация, положения при сварке, разделка кромок под сварку).
3. Основные и сварочные материалы (характеристики и области применения, классификация).
4. Сварочное оборудование (назначение, типы, устройство и правила эксплуатации).
5. Технология выполнения сварных соединений металлоконструкций и трубопроводов.
6. Контроль качества сварных соединений (методы контроля, нормы оценки качества).
7. Организация сварочных работ, охрана труда и техника безопасности при их выполнении.

II тур. Демонстрация практических навыков:

Номинация *Ручная дуговая сварка покрытым электродом (111)*:

- сварка стыковых соединений пластин $t=10$ мм из малоуглеродистой стали в потолочном положении (PE ss nb);
- сварка стыковых соединений трубных элементов D76×4 (Т/ВW) из малоуглеродистой стали в неповоротном положении (H-L045 ss nb).

Номинация *Дуговая сварка вольфрамовым электродом в инертных газах (141)*:

- сварка стыковых соединений трубных элементов D45×4 (Т/ВW) из высоколегированной стали в неповоротном положении (PF ss nb);
- сварка стыковых соединений трубных элементов D42×3 (Т/ВW) из малоуглеродистой стали в неповоротном положении (PF ss nb).

Номинация *Дуговая сварка плавящимся электродом в активных газах (135)*:

- сварка стыковых соединений пластин $t=10$ мм из малоуглеродистой стали в вертикальном (PF ss nb) и горизонтальном (PC ss nb) положениях.



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 служебных свойствах аустенитной стали 12X18H9 и ее зарубежных аналогах.

И. Г. Елизаров (Запорожье)

Сталь 12X18H9 применяют в качестве коррозионностойкого материала в виде холоднокатаного листа и ленты для тонкостенных конструкций и жаростойкого материала для изготовления трубных конструкций, деталей печной арматуры, теплообменников, муфелей, реторт, патрубков и коллекторов выхлопных систем, а также электродов искровых зажигательных свечей. Плотность стали составляет 7900 кг/м³.

Химический состав стали 12X18H9 приведен в табл. 1. Основным элементом, обуславливающим высокую коррозионную стойкость стали, является

хром, обеспечивающий ее способность к пассивации. Благодаря наличию никеля обеспечивается аустенитная структура, что гарантирует высокую технологичность стали в сочетании с комплексом служебных свойств. Франция и Чехия производят стали с повышенным содержанием никеля (верхнее содержание больше 11%, а не 10%, как это принято в других сталях), при этом уменьшается количество δ-фазы, и сталь становится более технологичной. Содержание серы и фосфора в стали предусмотрено соответственно до 0,03 и 0,045%, но реально оно меньше.

Наряду с основным составом в США и Германии выпускают несколько разновидностей этой стали. Дополнительное легирование связано с введением серы, фосфора, селена и свинца. Эти стали не свариваются методом плавления, но зато имеют хорошую поверхность и легко обрабатываются резанием.

Таблица 1. Химический состав стали 12X18H9 и ближайших аналогов, производимых в разных странах

Страна	Стандарт	Сталь	Массовая доля, %							Другие
			C	Si	Mn	Cr	Ni	S	P	
Россия, Украина	ГОСТ 5632-72	12X18H9	≤0,12	≤0,8	≤2,0	17–19	8–10	≤0,02	≤0,035	—
США	AISI	302	≤0,15	≤1,0	≤2,0	17–19	8–10	≤0,03	≤0,045	—
	AISI	302B	≤0,15	2–3	≤2,0	17–19	8–10	≤0,03	≤0,045	Mo≤0,6; Zr≤0,6
	AISI	303	≤0,15	≤1,0	≤2,0	17–19	8–10	>0,15	>0,20	Mo≤0,6; Zr≤0,6
	SUE	30303 F	≤0,15	≤1,0	≤2,0	17–19	8–10			
	AISI	303Pb	≤0,15	≤1,0	≤2,0	17–19	7–9	—	≤0,04	Mo≤0,6; Pb+S≤0,20
	AISI	303 Se	≤0,15	≤1,0	≤2,0	17–19	8–10	≤0,6	≤0,20	Se до 0,15
SAF	30302	≤0,15	≤1,0	≤2,0	17–19	≤0,03		≤0,045		
Германия	DIN 17440	X12CrNi18.9	≤0,15	≤1,0	≤2,0	17–19	8–10	≤0,03	≤0,045	—
	DIN 17007	X12CrNiS18.8	≤0,15	≤1,0	≤2,0	17–19	8–10	—	≤0,04	0,1–0,2S
Япония	JIS	SU 302	≤0,15	≤1,0	≤2,0	17–20	8–10	≤0,03	≤0,045	—
Англия	EN	58 A	≤0,15	≤1,0	≤2,0	17–20	7–10	≤0,04	≤0,04	—
Франция	AFNDR	Z12CN18-10	≤0,15	≤1,0	≤2,0	17–20	8–11	≤0,03	≤0,04	—
Чехия	CSN	17241	≤0,12	≤1,0	≤2,0	17–20	8–11	≤0,035	≤0,035	—
Венгрия	KOR 7	—	≤0,15	≤1,0	≤2,0	17,5–20	8–10	≤0,03	≤0,04	—
Швеция	SIS	2330/31	≤0,15	≤1,0	≤2,0	18	8,0	≤0,03	≤0,04	—
<i>Низкоуглеродистые модификации</i>										
Россия, Украина	ГОСТ 5632-72	04X18H10	≤0,04	≤0,8	≤2,0	17–19	9–11	0,02	0,035	—
	ГОСТ 5632-772	08X18H10	≤0,08	≤0,8	≤2,0	17–19	9–11	0,02	0,035	—
Германия	DIN 17440	X5CrNi18.10	≤0,07	≤0,8	≤2,0	17–20	8,5–11,5	0,03	0,045	—
		X2CrNi19.11	≤0,03	≤0,8	≤2,0	18–20	8,5–11,5	0,03	0,045	—

Среди ближайших аналогов есть группа сталей с пониженным содержанием углерода. Они имеют повышенное содержание никеля (до 11,5%), что важно для сохранения аустенитной структуры. Эти стали по своим механическим и коррозионным свойствам практически не отличаются от сталей, содержащих титан. Они в определенных условиях более стойки против ножевой или интеркристаллитной коррозии. Низкоуглеродистые модификации более дорогостоящие, их применяют ограниченно.

Сталь 12X18H9 освоена давно, поэтому имеет широкий сортамент. Наряду с основным методом плавки (открытой дугой в электропечи), сталь можно производить вакуумно-индукционным способом, вакуумно-дуговым и электрошлаковым переплавом. Переплавы улучшают технологические свойства и повышают коррозионную стойкость за счет очистки металла от примесей и неметаллических включений. Основной сортамент и свойства регламентированы ГОСТ 7350–77, ГОСТ 5582–75 и ГОСТ 4986–78. Большинство специальных видов проката выпускают по техническим условиям.

Сталь 12X18H9 имеет высокую коррозионную стойкость в окислительных средах, в органических кислотах средних концентраций, в органических растворителях, воде и в атмосферных условиях (табл. 2).

Стойкость в серной кислоте зависит от скорости коррозии, на которую влияют концентрация, температура, примеси и стационарность процесса. В соляной кислоте сталь неустойчива. При температуре 20 °С в растворах любой концентрации v_k составляет 36 мм/год. Напротив, в фосфорной кислоте в тех же условиях стойкость стали очень высокая (выше, чем в азотной кислоте). Высокая стойкость стали также в едком натре. Сталь 12X18H9 применяют в контакте с органическими кислотами вплоть до температуры кипения. Во многих случаях активной коррозионной средой является вода, особенно бойлерная и канализационная, а также вода горных и нефтяных источников, шахтная и морская. Во всех этих средах при температуре до 90 °С глубина коррозии не превышает 0,003–0,008 мм/год. Сталь 12X18H9 устойчива против окисления в воздушной среде при температуре до 850 °С, в атмосфере продуктов сгорания топлива — до 750 °С. Неустойчива в серосодержащих средах. Как жаростойкий материал сталь применяют тогда, когда по условиям изготовления или эксплуатации не могут быть использованы безникелевые стали.

Основным видом термической обработки для стали 12X18H9 является закалка при температуре 1000–1150 °С. Примеры механических свойств стали приведены в табл. 3. Повышение температуры приводит к снижению прочности, при этом предел прочности примерно в два раза выше текучести. С понижением температуры вплоть до температуры жидкого азота прочность стали растет, при этом

Таблица 2. Скорость коррозии v_k аустенитной стали 12X18H9

Окислитель	Стандарт	Сталь	Коррозионная среда, %	Температура, °С	Скорость коррозии v_k , мм/год
Азотная кислота HNO_3	AISI	302	98,5	30	2,2
	DIN 17440	X12Cr Ni18.9	50–66	20	≤0,11
			99	20	1,3
			99	50–84	<11
Серная кислота H_2SO_4	AISI	302	1–7,5	20	<0,11
			98	20	<0,11
			<10, насыщение сульфатом аммония	20–40	<0,11
			<30 (при интенсивном перемешивании)	54	0,003
Едкий натр NaOH	AISI	302	10	77	<0,01
			23	104	<0,01
			50	143	0,25
			60–100	260	4,3
			100	399	1,7

Таблица 3. Механические свойства стали 12X18H9 при различной температуре

$t_{исп}$, °С	σ_B , Н/мм ²	$\sigma_{0,2}$, Н/мм ²	δ_5 , %	ψ , %
20	600	240	60	70
650	380	100	33	40
760	210	100	17	18
900	69	35	65	65
1100	30	12	65	60
–70	1290	350	46	67
–183	1820	410	37	60
–196	1770	430	40	60

предел прочности увеличивается быстрее предела текучести, но сталь сохраняет высокую пластичность. Сталь может быть существенно упрочнена холодным пластическим деформированием при сохранении высокой пластичности. По мере увеличения степени наклепа временное сопротивление разрыву и предел текучести сближаются.

Сталь 12X18H9 высокотехнологична. Ее подвергают ковке, прокатке, глубокой вытяжке, контактной и дуговой сварке. Поскольку сталь применяют в основном в виде холоднокатаного листа или ленты, то тонкостенные конструкции сваривают методом точечной сварки. Для ручной дуговой сварки применимы электроды ЦЛ–11, ЦТ–15 и др. При аргонодуговой сварке используют присадочную проволоку Св–06X18H9Т. Сварку под флюсом выполняют электродами АН–26 в сочетании с проволокой Св–06X18H9Т. При сварке в CO_2 присадочной проволокой является Св–08X20H9Г7Т. ● #790

Сварка трением с перемешиванием — эффективный способ получения неразъемных соединений в твердой фазе (обзор)

А. Г. Покляцкий, канд. техн. наук, А. Я. Ищенко, чл.-кор. НАН Украины, С. В. Подъельников, Институт электросварки им. Е. О. Патона (Киев)

В 1991 г. Британским институтом сварки (TWI) был разработан новый метод получения сварных соединений, названный «сварка трением с перемешиванием» (СТП). Сварка трением с перемешиванием относится к процессам соединения материалов в твердой фазе.

Для сварки используют инструмент, состоящий из бурта или заплечика (утолщенная часть) и наконечника. Свариваемые детали жестко закрепляют и прижимают к подкладке во избежание перемещения или выгиба их в процессе сварки. Технологическая схема (рис. 1) процесса сварки трением с перемешиванием включает три основных этапа. На первом этапе вращающийся инструмент 1 погружают в стык соединяемых деталей 4 и 5 таким образом, чтобы поверхность бурта 2 вошла в контакт с их поверхностью. При соприкосновении нижней поверхности вращающегося наконечника инструмента с деталями в месте контакта выделяется теплота. Это приводит к пластическому течению металла из-под наконечника, в результате чего он постепенно погру-

жается, увеличивая площадь соприкасающихся поверхностей и количество выделяемой за счет трения теплоты. После полного погружения наконечника на всю толщину свариваемого металла возникает трение между поверхностью бурта и поверхностью деталей. В результате нагрева металл начинает переходить в пластическое состояние. После этого приступают ко второму этапу — перемещению вращающегося инструмента вдоль линии стыка. Нагретый в результате работы сил трения до пластического состояния и перемешанный вращающимся инструментом материал вытесняется в освобождающийся позади движущегося по линии стыка инструмента и ограниченный сверху буртом объем, в котором и формируется сварной шов 3. Такой шов несимметричен относительно своей продольной оси, так как материал вытесняется наконечником с одной стороны на другую. На последнем этапе (в конце шва) инструмент поднимают до полного выхода наконечника из стыка и прекращают его вращение. В сварных соединениях при СТП принято различать сторону набегания и сторону отхода инструмента при вращении. Сторона набегания — сторона инструмента, где направление вращения инструмента совпадает с направлением сварки, а сторона отхода — противоположная. В связи с такой особенностью процесса сварки швы несимметричны.

СТП применяют в основном для соединения материалов со сравнительно низкой температурой плавления, прежде всего алюминиевых и магниевых сплавов. Первые эксперименты были проведены на алюминиевых сплавах системы Al–Mg–Si (серия 6000), которые показали высокое качество полученных соединений. Позже была выполнена сварка большинства алюминиевых, некоторых магниевых, цинковых, ни-

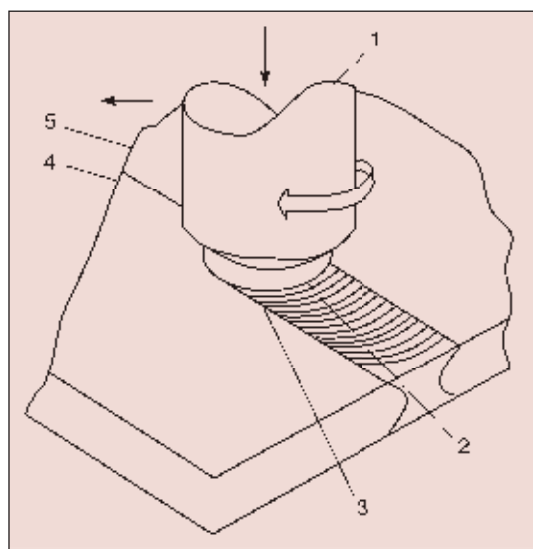


Рис. 1. Схема сварки трением с перемешиванием алюминиевых сплавов: 1 — вращающийся инструмент; 2 — рабочая поверхность бурта инструмента; 3 — сварной шов; 4 и 5 — свариваемые детали

келевых и титановых сплавов, а также сталей. С помощью СТП сваривают алюминиевые сплавы толщиной от 0,2 до 75 мм за один проход.

Перед сваркой трением с перемешиванием поверхности деталей, подлежащих сварке, очищают от смазочных веществ, ржавчины и других загрязнений. Удаление оксидной пленки не требуется, что особенно важно при сварке алюминиевых сплавов. В процессе сварки оксидная пленка под инструментом измельчается и замешивается в шов, не оказывая существенного влияния на прочностные свойства.

Основным специфическим дефектом соединений, выполненных с помощью СТП, является несплавление в корне шва, которое называют «kissing bond». Причинами возникновения данного дефекта могут быть либо локальное увеличение толщины свариваемого металла, либо нарушение переноса металла в корневую часть соединения. Этому дефекта можно избежать, контролируя за счет систем обратной связи глубину погружения наконечника в свариваемый металл и условия трения между пластифицированным металлом и поверхностью инструмента. Кроме того, для этого способа сварки большое значение имеет перемешивание пластифицированного металла рабочим инструментом. При неблагоприятных условиях перемешивания в швах образуются характерные дефекты (рис. 2).

Недостатком соединений, выполненных СТП, является образование незначительного уменьшения толщины металла в области соединения за счет контакта заплечика инструмента и поверхности заготовок. Обычно эта величина составляет 0,1–0,2 мм, однако в некоторых случаях это может оказать влияние на прочность соединений. Поэтому перед сваркой на соединяемых деталях в месте стыка может быть сформировано утолщение.

Основные преимущества сварки трением с перемешиванием алюминиевых сплавов:

- в зоне сварки лучше сохраняются свойства основного металла по сравнению со способами сварки плавлением;
- соединения имеют меньший уровень остаточных напряжений и деформаций;
- получение соединений возможно во всех пространственных положениях;
- для сварки не требуется применение присадочного материала и защитного газа;
- отсутствие вредных испарений и ультрафиолетового излучения в процессе сварки;

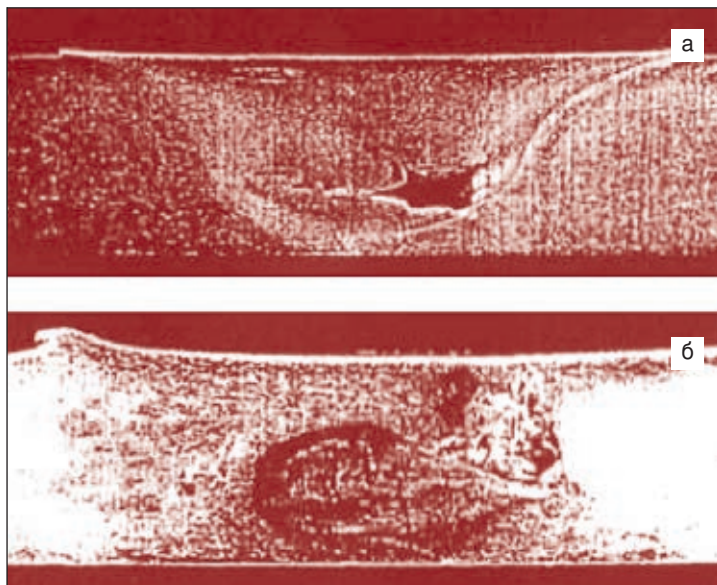


Рис. 2. Дефекты, образующиеся в швах из алюминиевых сплавов, полученных сваркой трением с перемешиванием, вызванные неблагоприятными условиями перемешивания металла: а — при недостаточной скорости вращения инструмента или большом зазоре между кромками; б — при избыточной скорости вращения инструмента по сравнению с линейной скоростью его перемещения

- механическое удаление поверхностных оксидов со свариваемых кромок перед сваркой не обязательно;
- сборка стыков не требует очень точной подгонки кромок (для листов толщиной 1,6 мм зазор может быть до 0,2 мм, для плит толщиной от 12,7 — до 1,25 мм);
- кромки не требуют специальной разделки;
- возможность существенного изменения параметров процесса без ухудшения свойств соединений;
- возможность получения качественных швов на трудносвариваемых методами плавления сплавах;
- простота автоматизации и роботизации процесса;
- высокая эффективность использования энергии (для однопроводной сварки алюминиевого сплава толщиной 12,5 мм требуется около 3 кВт энергии);
- при больших объемах производства небольшие затраты денежных средств для реализации процесса.

К недостаткам способа СТП можно отнести:

- необходимость применения мощных подкладок и прижимных приспособлений, надежно фиксирующих свариваемые заготовки;
- возможность образования в конце кольцевого шва отверстия, равного диаметру наконечника;

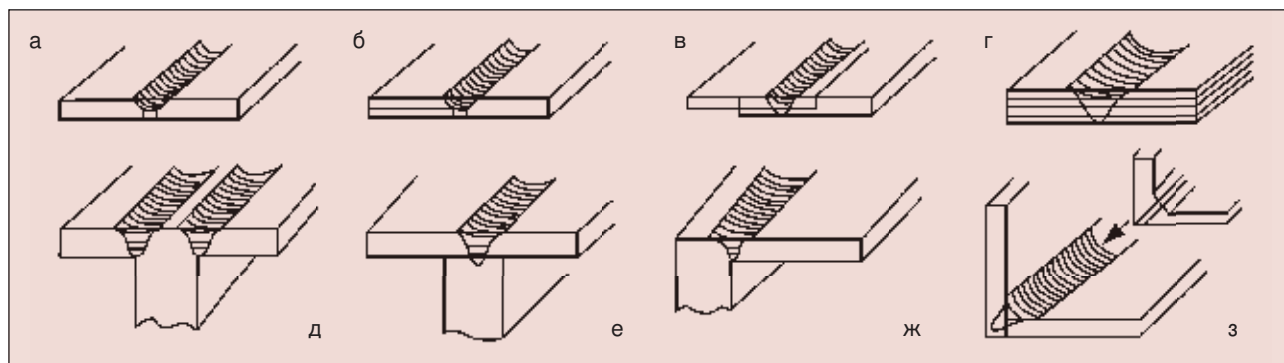


Рис. 3. Основные типы соединений, выполняемые сваркой трением с перемешиванием: а – стыковое; б – нахлесточно-стыковое; в – нахлесточное; г – многослойное нахлесточное; д – двухпроходное тавровое; е – тавровое прорезное; ж, з – угловое

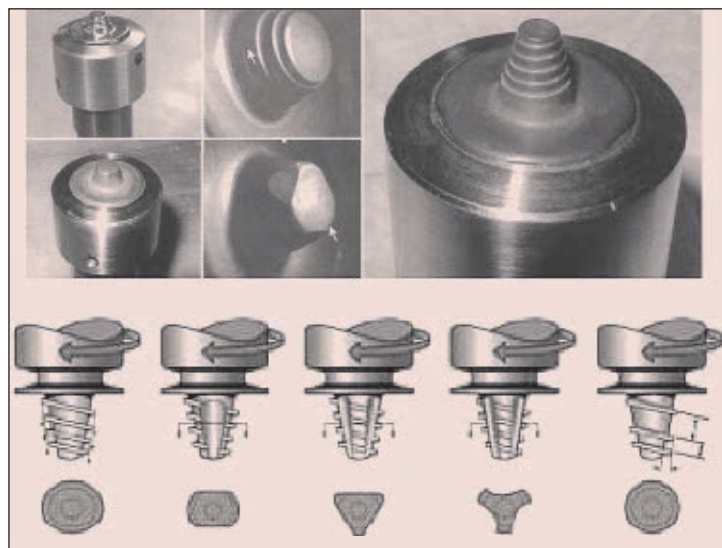


Рис. 4. Некоторые варианты конструкций рабочего инструмента для сварки трением с перемешиванием различных типов соединений

- необходимость применения вводных и выводных планок для получения качественных швов по всей длине заготовок;
- ограничения в применении способа в портативном варианте из-за необходимости закрепления заготовок на подкладке;
- отсутствие стандартов на данный способ сварки и подготовленных специалистов.

С помощью СТП можно получать различные традиционные для дуговых способов сварки стыковые, угловые, тавровые и нахлесточные соединения (рис. 3).

При формировании шва в нахлесточном соединении важное значение имеет вертикальное перемещение пластифицированного металла. Кроме того, с целью повышения сопротивляемости таких соединений срезающей деформации рекомендуют более широкую область перемешивания. Поэтому для каждого типа соединений могут быть использованы рабочие инструменты различных конструкций (рис. 4).

Точечная сварка трением с перемешиванием рассматривается как эффективная замена клепаных соединений. Этот процесс

можно реализовать двумя способами. Первый способ – это точечная сварка погружением (PFSW), который был запатентован фирмой Mazda (Япония) в 2003 г. При этом вращающийся инструмент погружается в деталь, доводя до пластического состояния и перемешивая металл под буртом. После этого инструмент поднимается, оставляя характерное углубление в детали. Второй способ – точечная сварка трением с заполнением шва (RFSW), который запатентован GKSS-GmbH в 2002 г. Для этого способа используют инструмент, у которого бурт и наконечник имеют отдельные системы привода. Вращающийся инструмент опускается в деталь (при этом наконечник выдавливает и перемешивает находящийся под ним металл), а затем его убирают, и металл под буртом заполняет углубление, образуя шов без отверстия.

Основными параметрами процесса СТП являются скорость сварки, частота вращения инструмента, усилия прижатия и перемещения инструмента, размеры и угол наклона инструмента. Режим устанавливают в зависимости от типа материала, формы и толщины свариваемых деталей. Получение качественного шва при СТП зависит от правильного выбора параметров режима сварки. При увеличении скорости сварки необходимо увеличивать скорость вращения инструмента для достижения оптимальных условий (рис. 5).

Большое внимание при сварке трением с перемешиванием уделяют конструкции инструмента. Для усиления течения пластифицированного металла бурт выполняют в виде вогнутой поверхности, а наконечник имеет резьбовую поверхность или несколько выступающих ребер. Размеры элементов бурта и наконечника вращающегося рабочего инструмента выбирают в зависимости от толщины свариваемых деталей и материала

пластин. Длину наконечника устанавливают приблизительно равной толщине детали, подлежащей сварке. Диаметр бурта увеличивают пропорционально толщине свариваемого материала (от 1,2 до 25 мм). Угол наклона инструмента влияет на течение металла при сварке, поэтому, располагая его под небольшим углом ($0-3^\circ$) по отношению к поверхности детали, можно обеспечить наиболее высокие показатели качества. Инструменты изготавливают из инструментальных или нержавеющей мартенситных сталей. Для сварки сталей разработан инструмент из поликристаллического кубического нитрида бора, имеющего высокую стойкость против разрушения. При сварке некоторых высокопрочных алюминиевых сплавов для уменьшения прилипания металла к наконечнику и отвода избыточной теплоты инструмент охлаждают, пропуская хладагент (воду) или применяя воздух.

На базе обычного процесса сварки трением с перемешиванием разработаны специальные технологии. Попеременное вращение инструмента по часовой и против часовой стрелки позволяет исключить характерную для обычных швов асимметрию. По технологии Skew-Stir™ инструмент немного наклонен по отношению к шпинделю машины так, что точка пересечения осей шпинделя и инструмента, получившая название фокусной точки, может располагаться над, под или в свариваемой заготовке в зависимости от свойств материала и параметров режима. Это позволяет получить при вращении инструмента в процессе сварки более однородный и широкий шов. Такой процесс в основном применяют для соединения разнородных материалов.

Развитие новых технологий сварки трением с перемешиванием продолжается. Разрабатывают процессы СТП с индукционным и лазерным предварительным подогревом свариваемого материала или сопутствующим подогревом его вследствие пропуска тока через наконечник инструмента. Это позволяет увеличить скорость сварки, уменьшить силы, действующие на инструмент, и уменьшить его изнашивание.

Выполненные в TWI экспериментальные измерения показали, что максимальная температура нагрева металла в процессе сварки составляет около 70% значения температуры его плавления и не превышает для алюминиевых сплавов 550°C (рис. 6). Влияние максимальной температуры очень кратковременное. При дальнейшем продвиже-

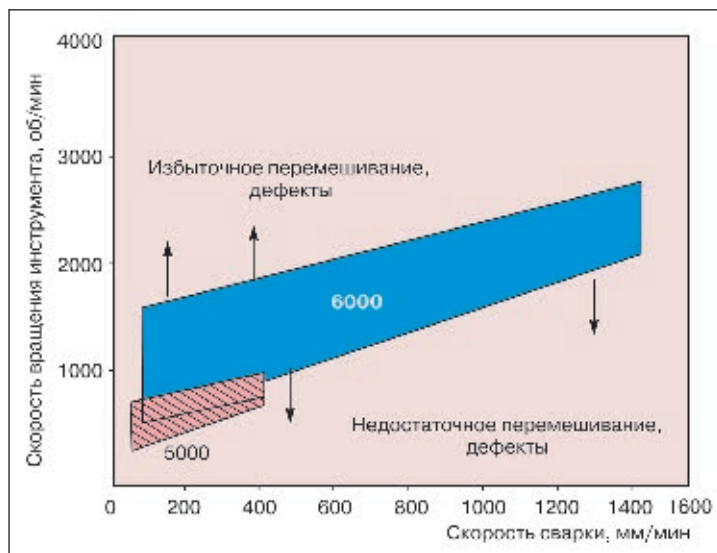


Рис. 5. Влияние соотношения между скоростью сварки и скоростью вращения инструмента на качество формирования соединений из алюминиевых сплавов серий 5000 и 6000

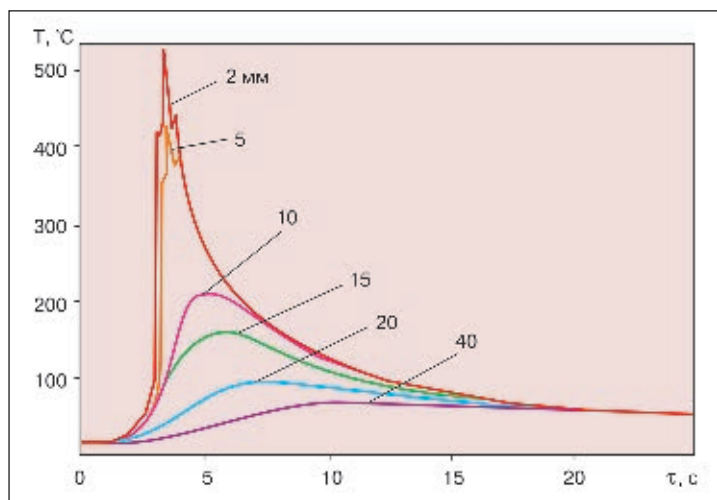


Рис. 6. Термический цикл при СТП листа из алюминиевого сплава 6063-T6 толщиной 4 мм (скорость сварки 30 м/ч), на различных расстояниях от плоскости симметрии сварного шва

нии инструмента по линии стыка температура в этой зоне быстро понижается и сравнительно долгое время держится на уровне $100-170^\circ\text{C}$. Но для закаливающихся сплавов даже такой термический цикл влияет на структуру и механические свойства соединений. В значительно меньшей степени термический цикл СТП влияет на прочностные характеристики соединений термически неупрочняемых алюминиевых сплавов. Более низкая температура нагрева изделия при СТП по сравнению со сваркой плавлением обеспечивает меньший уровень угловых деформаций в сварном соединении. Например, при СТП угловая деформация составляет всего $1/5-1/7$ от значений, полученных при использовании плавящегося электрода.

Структуру швов, полученных сваркой трением с перемешиванием, характеризуют особенности, не свойственные швам, вы-

полненным плавлением. Типичным для СТП является образование в центре соединения ядра, которое содержит различающуюся структурой овалынные концентричные кольца. Как видно на *рис. 7*, форма ядра шва несколько отличается в зависимости от свариваемого сплава. К ядру примыкает сложный профиль, образующий верхнюю часть шва и несколько превышающий по ширине диаметр бурта инструмента. А диаметр ядра немного превышает диаметр наконечника. Образование овалынных колец связывают с особенностями перемешивания металла наконечником инструмента. Существенны изменения макроструктуры, наблюдаемые непосредственно возле ядра, которые вызваны значительной пластической деформацией металла и разворотом зерен до 90° , что в итоге сказывается на снижении твердости и механических свойствах.

В сварном соединении при СТП выделяют четыре зоны, которые схематически представлены на *рис. 8*. Непосредственно к зоне *A* (основной металл) примыкает зона *B*, где металл заготовок остается недеформированным и изменяет свою структуру только под воздействием нагрева. Эта зона по аналогии с дуговыми способами названа

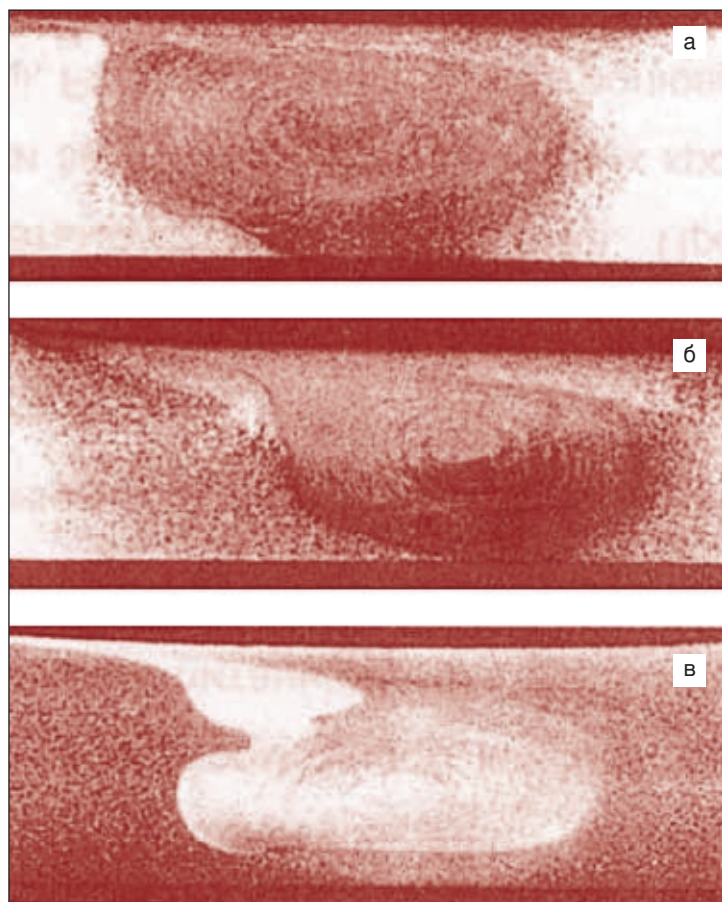
зоной термического влияния (ЗТВ). Зона *C*, где металл подвергается значительным пластическим деформациям и нагреву, названа зоной термомеханического влияния (ЗТМВ). Зона *D* — это ядро соединения, где происходит динамическая рекристаллизация. В ЗТВ твердость металла снижается за счет перестраивания или уменьшения плотности дислокаций либо за счет обоих этих механизмов. Металл характеризует структура с удлинненными зернами, которая подобна наблюдаемой в основном металле. В ЗТМВ происходит изгиб вытянутых зерен и их частичная рекристаллизация. Микроструктура ядра состоит из равноосных зерен, размер которых зависит от технологии изготовления и марки сплава и, как правило, не превышает 10–15 мкм.

При сварке трением с перемешиванием металл не нагревается до температуры плавления. Поэтому в металле шва и в зонах термического влияния степень фазо-структурных превращений намного ниже, чем при сварке плавлением. Это позволяет получать более высокие физико-механические свойства сварных соединений с меньшим уровнем остаточных напряжений и деформаций. Предел прочности большинства исследованных алюминиевых сплавов при СТП находится на уровне не ниже 0,7 от прочности основного металла. Использование СТП повышает точность размеров сварных конструкций и на 30% увеличивает их прочность по сравнению со сходными узлами, выполненными дуговой сваркой в защитном газе. Кроме того, при сварке термообработываемых сплавов механические свойства соединений можно до некоторой степени восстановить послесварочной термообработкой, как и при сварке плавлением.

При этом проведенные исследования при температуре 77 К в жидком азоте, 20 К в жидком водороде и 4 К в жидком гелии также показали, что уровень свойств соединений при СТП выше, чем при сварке плавлением. Полученные сваркой трением с перемешиванием швы обеспечивают высокую герметичность. Испытания на усталость также свидетельствуют о более высоком уровне механических свойств соединений при СТП по сравнению с механическими свойствами соединений, выполненных сваркой плавящимся и неплавящимся электродами.

Сварка трением с перемешиванием позволяет сваривать практически все деформируемые и литейные алюминиевые сплавы как в одноименном, так и разноименном со-

Рис. 7. Макроструктура соединений, полученных при сварке трением с перемешиванием листов толщиной 6,4 мм: а — сплав 7075; б — сплав 2014; в — сплав 5083



четаниях, многие композитные и некоторые разнородные материалы, обеспечивая высокое качество швов и необходимые свойства сварных соединений. Поэтому такой способ сварки можно применять для соединения трудносвариваемых, а иногда и несвариваемых методами плавления сочетаний алюминиевых сплавов. Например, при сварке плавлением сплавов 1201 и АМг6 между собой в некоторых зонах шва образуется композиция легирования с таким соотношением содержания меди и магния (а также примесей химических элементов), при котором в процессе кристаллизации металла шва по границам кристаллитов располагаются жидкие прослойки эвтектики. Они содержат фазу CuAl_2 с низкой температурой затвердевания (549°C) и, локализуя термомеханическую сварочную деформацию, служат очагом кристаллизационного растрескивания. Поскольку при сварке трением с перемешиванием нагревания зоны соединения до температуры солидуса не происходит, то кристаллизационные трещины в шве не образуются. Прочность такого соединения находится на уровне 0,75 от прочности сплава АМг6 (для одноименных сплавов 1201 и АМг6 прочность составила соответственно 0,78 и 0,94 прочности основного металла).

При сварке трением с перемешиванием, если правильно выбраны параметры режима, как правило, отсутствуют дефекты, превышающие допустимый нормативными документами критический размер. Столь высокое качество швов, выполненных СТП, позволяет не производить 100% контроль швов, а применять выборочный статистический процесс контроля и экономить денежные средства.

Наиболее простым методом контроля является визуальный, производимый оператором-сварщиком. Если представляется возможным, из начальной и конечной части свариваемых заготовок, например прессованных панелей, вырезают образцы-свидетели, из которых изготавливают макрошлифы, позволяющие оценить качество соединений. В некоторых случаях подозрительные участки корневой части соединений контролируют с помощью цветной дефектоскопии.

Наиболее часто встречающиеся дефекты в виде несплавлений, как правило, имеют очень малую толщину, поэтому наиболее дешевым и надежным способом их обнаружения является ультразвуковой метод контроля. В некоторых промышленных установках фирмы ESAB оборудование для ультразвукового контроля вмонтировано в



Рис. 8. Схематическое изображение основных зон соединения, полученного сваркой трением с перемешиванием: А — основной металл; В — зона термического влияния (ЗТВ); С — зона термомеханического влияния (ЗТМВ); D — зона динамической рекристаллизации

установку, и контроль производится одновременно с процессом сварки. По сравнению с рентгеновскими лучами при ультразвуковой дефектоскопии можно получить большую глубину и лучшую трехмерную картину геометрии дефекта.

Для контроля сварных соединений применяют также новые методы: ультразвуковое фазовое построение и контроль с помощью вихревых токов. Первый использует многоэлементную пьезоэлектрическую и комбинированную технологию преобразователя со сложным программным хронометражем порядков, чтобы производить и анализировать контролируемые упругие волны в тестируемом материале. Метод обеспечивает гораздо большее разрешение при более низком уровне помех, чем при традиционном УЗК. Для второго метода используют современные многоэлементные вихретоковые датчики, позволяющие увеличить точность обнаружения околоповерхностных дефектов.

В TWI предложили наносить на корневую сторону соединения так называемый знак идентификации путем гравирования в подкладке зеркального отображения необходимой информации о фирме-изготовителе, времени, дате сварки и т. п. Во время сварки металл шва заполняет углубления в подкладке и формирует соответствующие слово или знак. Степень заполнения гравировки на подкладке может также служить своеобразным показателем качества соединения в его корневой части, где наиболее часто образуются дефекты.

Преимущества СТП по сравнению с другими способами сварки обуславливают все возрастающие объемы его применения в различных отраслях промышленности. Интенсивное изучение данного процесса за рубежом, направленное на совершенствование технологии и оборудования, позволило использовать его в авиакосмической технике, при изготовлении вагонов, судов, авто-

мобилей и других высокотехнологичных изделий. Исследователи данного процесса считают, что если 10% общего объема производимых в США сварных соединений получать за счет СТП, то расчетная ежегодная экономическая выгода промышленности США составит 4,9 млрд. дол. США в год.

Основным разработчиком и производителем промышленных установок стала фирма ESAB (Швеция). Первая установка была поставлена на фирму Marine Aluminium (Норвегия) для укрупнения пресованных панелей судов и железнодорожных вагонов. Она позволяет сваривать заготовки толщиной от 1,6 до 15 мм при максимальных их размерах 16×6 м.

Процесс сварки трением с перемешиванием широко используют в кораблестроении для изготовления панелей палуб, бортов, днищ и некоторых элементов корпусов кораблей, вертолетных площадок, мачт парусных лодок.

Шведская фирма SAPA совместно с TWI разработала и освоила производство сварных панелей для холодильных установок быстрой заморозки. К сварным соединениям этих панелей предъявляют повышенные требования к плотности, поскольку они удерживают охлаждающие вещества, опасные для человека и окружающей среды.

С помощью СТП выполняют сварные соединения при изготовлении элементов железнодорожного транспорта (в том числе железнодорожных составов для скоростных магистралей) и трамваев. Примером успешного применения СТП в Японии явилась сварка железнодорожных вагонов из пресованных алюминиевых панелей фирмой Hitachi. Метрополитен Лондона заказал до 376 единиц железнодорожного транспорта, изготовленных СТП.

Разработана технология изготовления в заводских условиях больших секций мостовых конструкций, а также элементов нефтяных платформ с последующей транспортировкой их к месту сборки и эксплуатации.

С помощью СТП изготавливают системы жидкостного и газового охлаждения в электротехнической промышленности. Другой областью применения СТП является сварка корпусов электромоторов, полученных из пресованных заготовок, и соединения проводников со сверхпроводящей обмоткой.

В пищевой промышленности СТП находят применение при изготовлении упаковок и емкостей для пива, производства контейнеров для сжиженного газа.

Автомобильная компания AOS/APC (Швеция) сообщает о перспективности применения процесса СТП для изготовления сварной алюминиевой рамы двигателя легковой автомашины. Подобными разработками занимается также компания Automotive (США), которая сообщает о СТП автомобильных дисков, состоящих из литой ступицы и обода, изготовленного вытяжкой или прокаткой. В течение трех лет, начиная с 2003 г., компания Ford Motor Co. (США) произвела несколько тысяч автомобилей Ford GT с использованием СТП для изготовления отсека, вмещающего и изолирующего топливный бак от внутреннего отделения и обеспечивающего пространственную жесткость каркаса. Фирма Mazda Motor Corp. с 2003 г. произвела свыше 100 000 автомобилей, двери которых изготавливались с применением точечной сварки трением с перешиванием.

СТП применяют в аэрокосмической отрасли. В 2001 г. процесс внедрен NASA в производство внешнего бака шаттла. СТП используют для сварки восьми продольных швов на резервуаре из сплава 2195 для жидкого водорода и четырех продольных швов на резервуаре для жидкого кислорода. Это приблизительно 1/2 мили швов на каждом баке шаттла. В 2010 г. NASA планирует запустить на Луну опытный аппарат. Значительную роль при изготовлении этой сложной конструкции отводят СТП. Разрабатывается оборудование для ремонта в условиях вакуума на основе сварки трением с перемешиванием. Концепция основана на том, что высокая скорость вращения инструмента (30 000 об/мин) при СТП уменьшает силы, необходимые для выполнения прочного шва.

Компания «Boeing» первой в США приобрела опытную (1997 г.), а затем (1998–1999 гг.) три промышленные установки фирмы ESAB со встроенной системой контроля и наблюдения за процессом, предназначенные для изготовления топливных баков ракет «Delta». СТП выполняют на топливном баке длиной 8,4 м, баке для жидкого кислорода длиной 12 м и 4,8-метровом промежуточном цилиндре. Баки диаметром 2,4 м изготавливают из сплава 2014 толщиной 22,22 мм с вафельной ромбовидной внутренней поверхностью. Собранные для сварки и прихваченные панели сваривают тремя продольными швами изнутри. СТП обеспечивает повышение качества (один дефект на 76,2 м шва) по сравнению с аргонодуговой сваркой (один на 8,4 м шва). При

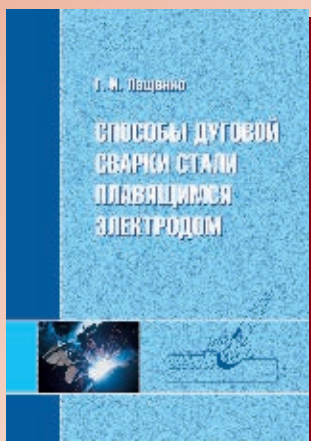
СТП уменьшается время изготовления сварной конструкции. Производство ракет «Delta II» выросло с 8 до 17 единиц в год.

Достоинства СТП оценены производителями авиатехники. Сварка по сравнению с клепкой обеспечивает существенную экономию металла и снижение массы. Сварка трением с перемешиванием позволяет получать швы с требуемыми в авиастроении свойствами, чего не может обеспечить сварка плавлением. Осуществлена успешная сварка тонкого (1–6 мм) и толстого (более 6 мм) металла и найдены оптимальные способы минимизации остаточных напряжений. Этот процесс позволяет заменить традиционный способ изготовления оробранных панелей крыла самолета фирмы «Airbus», получаемых машинной обработкой толстой пластины, на сварку отдельных

секций методом СТП, снижая расход металла и денежных средств на их производство. Компания Eclipse Aviation завершает сертификацию реактивного самолета бизнес-класса Eclipse 500. Нахлесточные соединения при СТП используются вместо клепанных при соединении внутренних ребер жесткости. Кроме того, создано оборудование для СТП, позволяющее сваривать узлы фюзеляжа и кабины самолета.

С каждым годом в передовых странах мира существенно увеличиваются объемы применения сварки трением с перемешиванием, совершенствуются технологические процессы и создается новое оборудование, позволяющие еще в большей степени расширить области применения и реализовать преимущества этого процесса при изготовлении различных сварных конструкций. ● #791

РЕЦЕНЗИЯ



Издательство «Экотехнология» выпустило книгу

Г. И. Лащенко.

Способы дуговой сварки стали плавящимся электродом

В 2006 г. вышла в свет монография «Способы дуговой сварки стали плавящимся электродом» известного специалиста в области технологии дуговой сварки кандидата технических наук Г. И. Лащенко. Автор обобщил большой массив отечественной и зарубежной информации, касающейся различных видов дуговой сварки.

Изложена оригинальная концепция выбора структурных схем, в соответствии с которой практически не ограниченное количество способов сварки может быть реализовано путем варьирования субъектов технологического процесса, а именно: источник питания — сварочный инструмент — защитная среда — изделие — энергетические и другие характеристики.

В книге приведены особенности наиболее распространенных способов дуговой сварки с защитой расплавленного металла шлаками и газами. Изложены элементы свариваемости сталей и принципы выбора соответствующих составов флюсов и электродной проволоки. Рассмотрено современное состояние дуговой сварки плавящимся электродом в защитных газах и газовых смесях. Освещена техника ручной дуговой сварки покрытыми электродами, порошковой и активированной проволокой.

Особый интерес представляют главы, посвященные приемам регулирования тепловложения в свариваемый металл. Речь идет об оптимизации параметров режимов сварки и последовательности выполнения швов, модуляции тока, о предварительном и сопутствующем подогревах, наложении швов в различных пространственных положениях и при наличии зазоров в стыке. Подробно описаны преимущества способов сварки при повышенной плотности тока, с нагревом электрода и дополнительной подачей присадочного металла, двухдуговой и многодуговой сварки, сварки трехфазной дугой и в узкую разделку.

Заключительная глава книги посвящена технологическим возможностям комбинированных и гибридных процессов лазерно-дуговой и плазменно-дуговой сварки. Здесь описана также техника дуговой сварки с дополнительным скоростным потоком защитного газа, вибронгружением и ультразвуковым воздействием.

Книгу отличает техническая грамотность, она содержит значительный библиографический материал (418 литературных источников), хорошо иллюстрирована и может быть успешно использована широким кругом специалистов в области сварочного производства, а также преподавателями и студентами высших учебных заведений.

Н. М. Воропай, д-р техн. наук, Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины

Использование водородно-кислородного пламени для газопламенной обработки материала

В. Н. Корж, д-р техн. наук, Ю. С. Попиль, канд. техн. наук, НТУУ «КПИ» (Киев)

Использование водородно-кислородного пламени (ВКП) для газопламенной обработки металлов вызывает интерес благодаря возможности применения водородно-кислородной смеси (ВКС), которую можно производить электролизно-водными генераторами (ЭВГ) непосредственно на рабочем месте.

Выпускаемые в Украине, России и других странах СНГ электролизно-водные генераторы для газопламенных работ имеют производительность горючей смеси от 0,3 до 6,0 м³/ч (таблица).

Учитывая то обстоятельство, что ЭВГ производят водородно-кислородную смесь с фиксированным соотношением кислорода к водороду 1:2, возникает необходимость регулирования характера горения пламени от окислительного до нормального и науглероживающего. Самым простым способом

регулирования характера горения пламени в этом случае является разделение потока водородно-кислородной смеси как минимум на два, один из которых пропускается через барботер с жидкими углеводородными соединениями, где ВКС насыщается их парами. Регулируя вентилями на горелке потоки чистой ВКС и ВКС, насыщенной парами углеводородных соединений, можно получить требуемый характер горения пламени. Нормальный характер горения ВКП можно получить при добавлении в смесь паров одного из углеводородных соединений: бензина в пределах 2,2–5,5%; этилового спирта 12–18%; ацетона 5–7%.

Регулирование характера горения ВКС с использованием газообразных углеводородов требует наличия баллонного хозяйства.

Таблица. Некоторые из выпускаемых в СНГ электролизно-водных генераторов для газопламенной обработки

Марка	Разработчик	Изготовитель	Производительность по горючей смеси, м ³ /ч	Масса, кг	Габаритные размеры, мм
П-105	ИЭС им. Е. О. Патона	Броварской ОЗТ «Факел»	0,2	57	616×305×475
A1803.УХЛЧ			1,6	192*	780×540×1040*
A-1784			1,5		
«Элком-12»	НПО «Элком» (Одесса)		1,2	68	620×450×380
ЭВГ-1,5	НТУУ «КПИ»	Завод «Ленинская кузница» (Киев)	1,5	200	830×800×550
«Энергия-4»	ХГТУСХ	Фирма «Технолог» (Харьков)	1,3	60	550×350×550
Тере-1,35			1,35	95	850×600×360
ВКУС-0,8			0,8	55	620×450×380
ВКУС-1,2			1,2	65	325×350×1005
ВКУС-1,6			1,6	80	350×350×1005
«Прометей»	«Укрпромвест»	З-д «Промсвязь» (Киев)	1,0	46	610×475×360
«Москва-2,2»	НПО «Газосварочные аппараты» (Москва)		0,83	38	780×540×1040
«Москва-3»			1,1	40	620×450×380
«Москва-5»			1,7	75	30×800×550
СП-5Д			1,6	65	550×350×550
«Москва-10»			3,0	75	850×600×360
«Москва-20»			6,0	115	620×450×380
«Энергия -5»			1,3	28	630×350×580
«Лига-41»	ООО «ВЭК» (Минск)		1,5	35	595×260×400

* Без источника питания.

Это снижает экономическую целесообразность использования ВКС, так как ведет к транспортным расходам и снижению мобильности установки. Кроме того, в этом случае требуется существенное повышение давления водородно-кислородной смеси для инжентирования углеводородных газов, что приводит к повышенной взрывоопасности при эксплуатации ЭВГ.

Работы кафедры восстановления деталей машин НТУУ «КПИ» по использованию водородно-кислородного пламени в процессах газопламенной обработки металлов позволили определить рациональные области применения водородно-кислородного пламени и разработать рекомендации по выбору ЭВГ необходимой производительности при сварке, пайке, резке и напылении металлов.

Использование водородно-кислородного пламени, полученного при сжигании смеси, производимой ЭВГ, целесообразно при сварке тонких стальных деталей толщиной не более 3–4 мм. При этом рекомендуют использовать горючую смесь, насыщенную парами бензина. Необходимый расход горючей смеси определяют по формуле $V_{гс} = K\delta$, где K — удельный расход горючей смеси на 1 мм толщины свариваемого металла, $\text{дм}^3/(\text{ч}\cdot\text{мм})$; δ — толщина свариваемого металла, мм. Для сварки стали $K=280\text{...}300 \text{ дм}^3/(\text{ч}\cdot\text{мм})$.

Сварку стальных деталей толщиной до 2 мм можно производить с отбортовкой кромок без присадки или с присадкой без разделки кромок. Детали толщиной 2–4 мм можно сваривать встык с присадкой, при этом необходимый зазор между ними должен быть приблизительно равен толщине свариваемых деталей.

Присадочный материал при сварке ВКП низкоуглеродистых сталей — сварочная проволока марок Св–08Г2С, Св–08ГС, Св–10ГС. Сварочная проволока марок Св–08 и Св–08А для сварки водородно-кислородным пламенем не пригодна.

Газовую сварку ВКП, полученным при сжигании смеси, производимой ЭВГ, успешно используют при сварке латуни толщиной до 4 мм. При этом окислительное пламя должно представлять собой чистую водородно-кислородную смесь без углеводородных добавок. Удельный расход горючей смеси $K=250\text{...}300 \text{ дм}^3/(\text{ч}\cdot\text{мм})$. В качестве присадочной проволоки используют или латунь ЛОК–59–1–0,3, или латунь, однотипную с основным металлом. Обязательно



применение флюсов, в состав которых входят бура $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, борная кислота H_3BO_3 или их смеси. Весьма удобно использование жидкого флюса БМ–1.

Исходя из рациональной толщины свариваемого металла и удельных расходов горючей смеси для сварки листовых конструкций рекомендуют использовать ЭВГ с производительностью 1,0–1,5 $\text{м}^3/\text{ч}$ смеси.

Водородно-кислородное пламя успешно используют при сварке медных многожильных монтажных проводов с одножильными в приборах радиоэлектронной аппаратуры. Сварка одножильных проводов ПЭТВ–943, ПЭТК–4–1, ПЭЛ, ПЭВ и др. диаметром 0,1–0,86 мм с многожильными типа ГФ, МГТФМ, МГТФ, МГТЛ сечением 0,12–0,75 мм^2 включает этапы предварительного скручивания соединяемых проводов на длине 7–10 мм, их нагрев пламенем горелки с одновременной чисткой огнем от эмалевой изоляции и образованием сферического сварного соединения — глобулы. Сварку рекомендуют производить в зависимости от сечения проводов при расходе горючей смеси 25–120 $\text{дм}^3/\text{ч}$, которая барботируется либо через жидкий флюс БМ–1, либо через этиловый спирт. При этом используют ЭВГ марки П–105, ГВК–0,2 производительностью порядка 0,2 $\text{м}^3/\text{ч}$.

Опыт использования ВКП для газопламенной пайки показал возможность его применения при пайке меди и медных сплавов, например, медных трубопроводов рефрижераторных систем диаметром 25 мм и толщиной стенки 2 мм медно-цинковыми припоями с использованием жидкого флюса БМ–1 и флюсов на основе прокаленной буры и борной кислоты.

Рис. 1. Режущие инструменты, паяные с использованием водородно-кислородного пламени

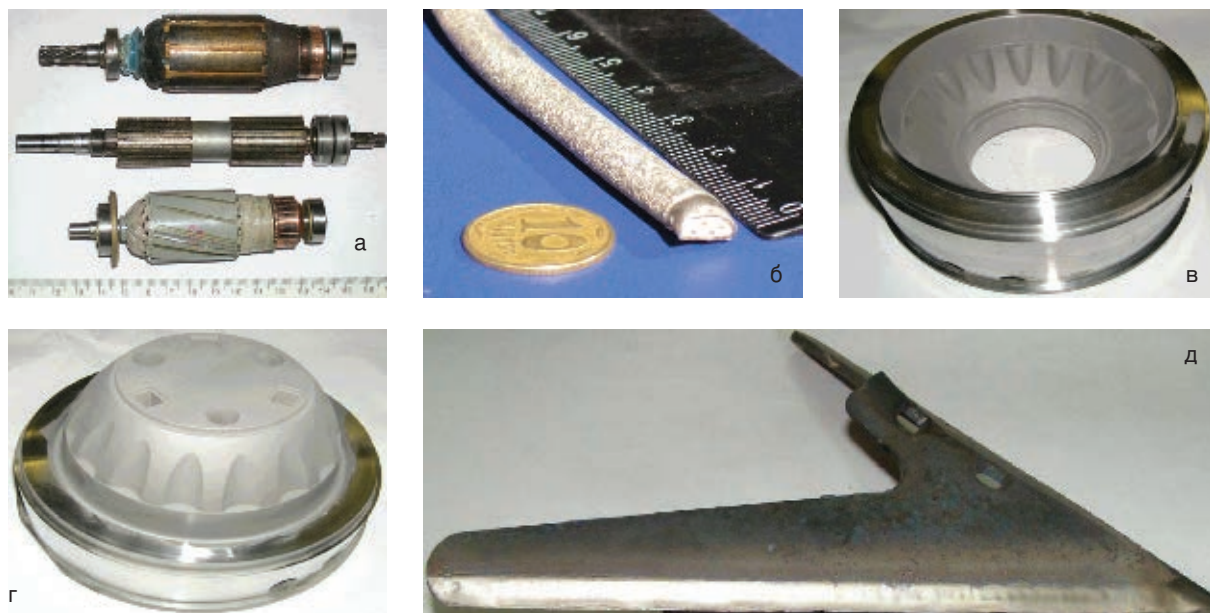


Рис. 2. Изделия, восстановленные напылением с использованием ВКП: а — посадочные места под подшипники на валах электродрелей; б — плеть расходомера; в — пуансон штампа; г — матрица штампа; д — лемех плуга с нанесением покрытия оплавлением самофлюсующегося порошка

В номенклатуру изделий, которые можно паять с использованием ВКП, входят капиллярные трубопроводы (диаметром 1–2 мм) из нержавеющей стали Х18Н9 при пайке с фланцами из материала такого же класса серебросодержащими (Пср 40 и др.) и не содержащими серебра (ПМФС, ПАН-11 и др.) припоями. Для пайки режущего инструмента — державки из малоуглеродистой стали с твердосплавной пластиной из сплавов типа ВК (рис. 1), использовали припой Л-62, а в качестве флюса — буру.

В зависимости от размеров и толщины паемых изделий рекомендуют использовать ЭВГ, которые можно регулировать по производительности в диапазоне от 0,3 до 1,5 м³/ч горючей смеси.

Для сварки и пайки деталей водородно-кислородным пламенем, полученным при сжигании смеси, производимой ЭВГ, можно использовать стандартные безинжекторные горелки ГС-1 или модернизированные инжекторные горелки Г-2 и Г-3, удалив из них инжекторный узел.

Применение водородно-кислородного пламени в качестве подогревающего целесообразно при резке стальных деталей толщиной до 40 мм. При этом рекомендуют использовать водородно-кислородную смесь, обогащенную парами бензина. Расход горючей смеси для подогревающего пламени при использовании машинного резака типа РМ с удаленным инжекторным узлом составляет в зависимости от толщины разрезаемого металла от 1,1 до 1,8 м³/ч. Поэтому для резки достаточно использовать ЭВГ с производительностью по горючей смеси до 2 м³/ч.

Исследования показали возможность применения водородно-кислородного пламени, получаемого при сжигании смеси, производимой ЭВГ, для нанесения покрытий. Установлено, что на качество покрытий существенно влияет распределение температуры по длине факела пламени. Длина участка факела, в котором температура продуктов горения выше температуры плавления напыляемого материала, зависит от характера течения струи продуктов горения и состава горючей смеси. Она больше при ламинарном течении струи продуктов горения смеси с добавками углеводородных соединений. Качественное покрытие можно получить при напылении порошкового материала с температурой плавления до 1400 °С и зернистостью порошка 20–40, 40–63 мкм. Это порошки на основе меди и медных сплавов, железа, самофлюсующиеся порошки системы Ni–Cr–B–Si. Для напыления покрытий используют стандартные инжекторные горелки «Евроджет» или ГН с удалением инжекторного узла, а также стандартные безинжекторные горелки. Необходимый расход горючей смеси для напыления находится в пределах от 0,5 до 1,6 м³/ч, при этом расход порошка в зависимости от свойств материала составляет от 0,6 до 2,4 кг/ч.

Учитывая малые размеры факела ВКП, получаемого при использовании ЭВГ производительностью 0,3–0,5 м³/ч, целесообразно применять его для напыления деталей малых размеров (рис. 2, а, б). При использовании ЭВГ производительностью 1,0–1,6 м³/ч можно напылять детали достаточно крупных размеров (рис. 2, в–д).

● #792

Новый механизм подачи проволоки для сварочных полуавтоматов

А. В. Иванников, канд. техн. наук, ООО «МИЦ» (Санкт-Петербург)

Механизм подачи проволоки новой конструкции для полуавтоматической сварки в отличие от традиционных, имеющих точечные контакты подающего и прижимного роликов с проволокой, основан на принципиально новом запатентованном способе подачи (Пат. РФ № 2235006), при котором сварочная проволока входит в плотное линейное сопряжение с одним подающим роликом на определенной части его окружности. При этом она тщательно правится перед входом в направляющий канал горелки.

Благодаря новому способу подачи проволоки достигается (рис. 1):

- надежное сопряжение проволоки с рабочей канавкой подающего ролика и высокие проталкивающие усилия, а также сохранение исходной круглой формы поперечного сечения сплошной и порошковой проволоки;
- тщательная правка проволоки относительно оси подачи и сохранение направления движения по оси токоподводящего наконечника горелки;
- постоянство и надежность электрического контакта между проволокой и токоподводящим наконечником.

Были проведены сравнительные испытания нового однороликового механизма подачи проволоки (рис. 2) с современными четырехроликовыми механизмами фирмы «Соптим» (рис. 3), используемых в серийных полуавтоматах многих фирм. В качестве основного вида оборудования применяли серийный полуавтомат ПДГ-525-1 с механиз-

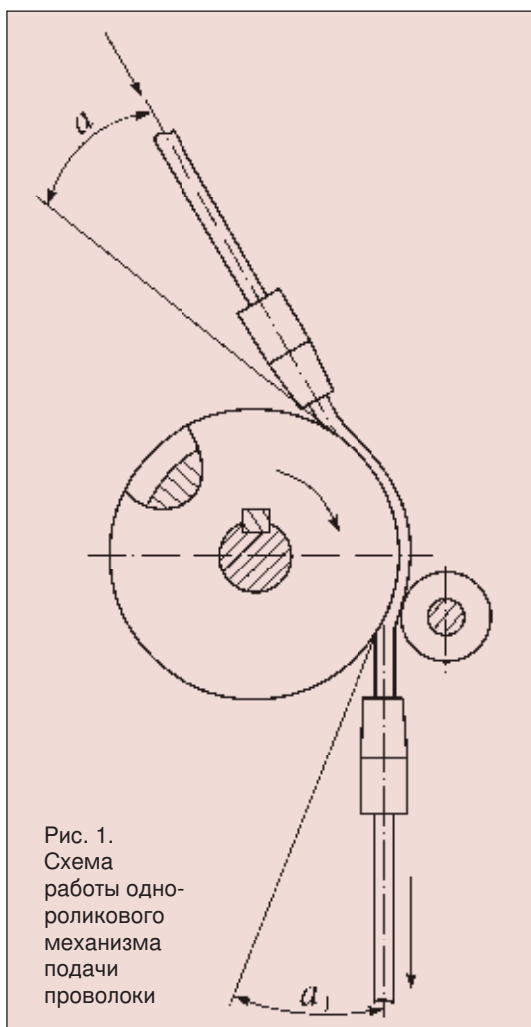


Рис. 1. Схема работы одно-роликового механизма подачи проволоки

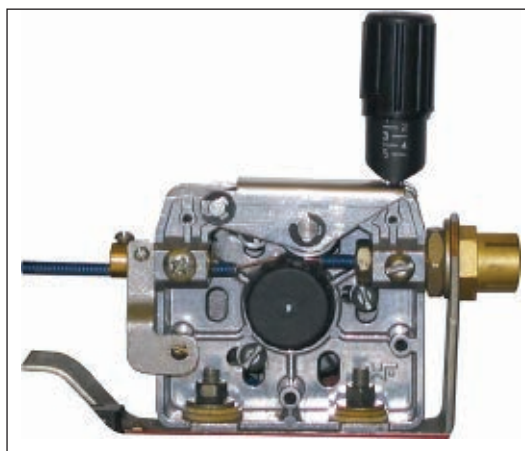


Рис. 2. Одно-роликовый механизм подачи проволоки

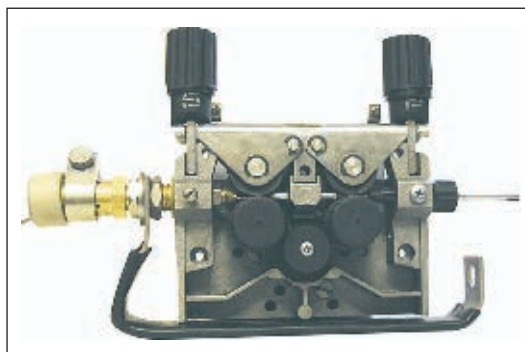


Рис. 3. Четырех-роликовый механизм подачи проволоки

мом подачи проволоки МПО-42-2 с четырехроликowym подающим устройством фирмы «Coortim», источник питания дуги — выпрямитель ВДУ-505-2, горелки ГДПГ-315 со шлангами длиной 3,3; 7; 11 и 15 м.

Механизм подачи МПО-42-2 снабжен электродвигателем КПА-563 мощностью 120 Вт, со скоростью вращения 5000 об/мин, напряжением питания 48 В, номинальной

силой тока якоря 3,9 А, силой тока якоря при холостом ходе 0,6 А, а также подающим четырехроликowym полноприводным устройством фирмы «Coortim» (Венгрия). Диаметр подающих роликов 30 мм.

Новое однороликковое подающее устройство сконструировано и изготовлено таким, чтобы обеспечивалась полная взаимозаменяемость двух устройств, что позволило бы

Таблица 1. Результаты испытаний полноприводного четырехроликкового механизма фирмы «Coortim»

Вид испытаний	Напряжение якоря, $U_{я}$, В	Сила тока якоря, $I_{я}$, А	Результат испытаний
Подача проволоки диаметром 1,2 мм без горелки	32	1,0	Проволока выходит из механизма подачи с переменной кривизной с мало заметными на поверхности следами от роликов. Скорость подачи стабильна
Подача проволоки диаметром 1,2 мм через горелку, шланг длиной 3,3 м	32	1,5	Скорость подачи стабильна
Подача проволоки диаметром 1,2 мм при сварке в CO_2 . Горелка со шлангом длиной 3,3 м. Режим сварки: $I_{св}=300$ А; $U_{д}=31$ В	32	1,7	При прохождении проволоки по горелке и направляющему каналу наблюдается слабая вибрация, ощущаемая рукой сварщика. Процесс сварки от зажигания дуги до окончания стабильный с характерным разбрызгиванием расплавленного металла. Наблюдаются частые изменения длины дуги и поперечные колебания вылета электрода. На околошовной поверхности много брызг. Формирование шва удовлетворительное

Таблица 2. Результаты испытаний однороликкового механизма ООО «МИЦ»

Вид испытаний	Напряжение якоря, $U_{я}$, В	Сила тока якоря, $I_{я}$, А	Результат испытаний
Подача проволоки диаметром 1,2 мм без горелки	32	0,8	Проволока выходит из механизма подачи тщательно выправленной, без каких-либо следов от контакта с роликом
Подача проволоки диаметром 1,2 мм через горелку, шланг длиной 3,3 м	32	0,8	Скорость подачи стабильная
Подача проволоки диаметром 1,2 мм через горелку, шланг длиной 7,0 м	32	1,0	Скорость подачи стабильная
Подача проволоки диаметром 1,2 мм при сварке в CO_2 . Горелка со шлангом длиной 7 м. Режим сварки: $I_{св}=300$ А; $U_{д}=31$ В	32	1,0	Движение проволоки по горелке и шлангу не ощущается, длина дуги постоянна, конец электродной проволоки на выходе из наконечника не колеблется, процесс очень стабильный, без разбрызгивания, хорошее формирование шва
Подача порошковой проволоки диаметром 1,2 мм при сварке в CO_2 . Горелка со шлангом длиной 7,0 м. Режим сварки: $I_{св}=280$ А; $U_{д}=27$ В	24	1,2	Движение проволоки по горелке и шлангу не ощущается, длина дуги постоянна, конец электродной проволоки на выходе из наконечника не колеблется, процесс очень стабильный (перенос электродного металла — струйный, без разбрызгивания), шов ровный с гладкой поверхностью и слабо выраженной чешуйчатостью
Подача проволоки диаметром 0,8 мм при сварке в CO_2 . Горелка со шлангом длиной 7,0 м. Режим сварки: $I_{св}=120$ А; $U_{д}=23$ В	23	0,8	Движение проволоки по шлангу не ощущается, процесс необычно стабильный со струйным переносом электродного металла без брызг. Шов очень ровный с малозаметной чешуйчатостью
Подача проволоки диаметром 0,8 мм при сварке в CO_2 . Горелка со шлангом длиной 11 м. Режим сварки: $I_{св}=25$ А; $U_{д}=17$ В	7	0,9	Все достоинства предыдущих экспериментов сохраняются. Сварка осуществляется со сверхкороткой дугой, без разбрызгивания; возможна сварка стыковых и угловых соединений из металла толщиной менее 1,0 мм
Подача проволоки диаметром 1,4 мм при сварке в CO_2 . Горелка со шлангом длиной 15 м. Режим сварки: $I_{св}=350$ А; $U_{д}=35$ В	22	1,4	Проволока на выходе из наконечника не колеблется, длина дуги постоянная; дуга горит стабильно, формирование шва ровное и мелкочешуйчатое

провести весь объем экспериментов по сравнительной оценке результатов испытаний одного из наиболее распространенных современных устройств с результатами испытаний принципиально нового подающего устройства. При этом мотор-редукторный узел механизма подачи МПО-42-2 остался один и тот же в обоих случаях.

Новое устройство снабжено подающими роликами диаметром 30 мм для проволоки всех диаметров. Углы раскрытия кромок гладких клиновидных канавок подающих роликов составляют 30°.

При испытаниях использовали следующие материалы:

- углеродистые, низколегированные и аустенитные стали, а также алюминиевый сплав АМГ-61 толщиной от 1,0 до 8,0 мм;
- сварочную омедненную проволоку марки СВ08Г2С диаметрами 0,8; 1,2; 1,4; 1,6 мм и марки «Флюксофил» диаметром 1,2 мм (Швейцария);
- сварочную алюминиевую проволоку диаметром 1,2 мм марки «Аутрод 18-22» фирмы ESAB (Швеция).

В экспериментах при сварке в качестве защитной среды использовали сварочные углекислоту и аргон.

В табл. 1 и 2 представлены результаты сравнительной оценки электротехнологических параметров полноприводного четырехроликового и нового однороликового механизмов подачи проволоки.

При работе штатного четырехроликового полноприводного устройства вначале определяли электрические характеристики мотор-редуктора, работающего на холостом ходу, затем — с подачей проволоки диаметром 1,2 мм без горелки, через горелку с длиной шланга 3,3 м и при сварке. Видно, что с увеличением нагрузки при подаче проволоки через горелку сила тока якоря электродвигателя возрастает в 1,5 раза (от 1,0 до 1,5 А), а при сварке — в 1,7 раза.

Отсутствие сопутствующей правки проволоки и надежного электрического контакта приводят к повышенному искрению и «прихватыванию» проволоки в токоподводящем наконечнике, что в свою очередь приводит к нарушению стабильности поступления проволоки и, соответственно, к нарушению стабильности дугового процесса.

При этом даже при повышенных напряжениях дуги и плотности тока, когда мелкокапельный перенос электродного металла осуществляется в замкнутом пространстве, ограниченном кратером сварочной ванны,

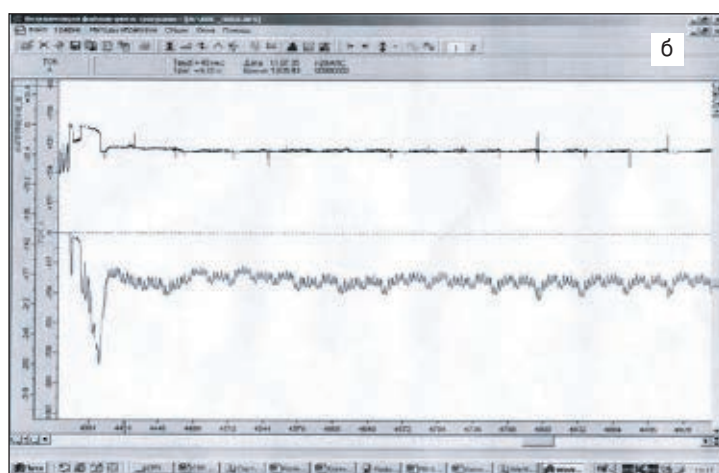
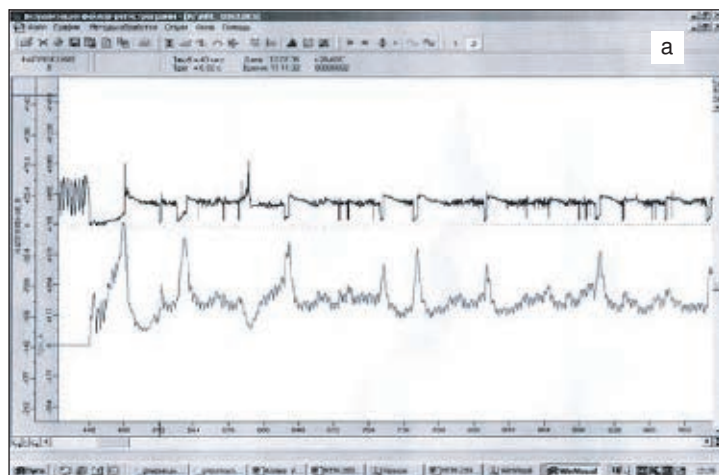


Рис. 4. Регистрограмма сварки в CO_2 : а — четырехроликовый механизм (диаметр проволоки 1,2 мм; $I_{\text{св}}=300$ А; $U_{\text{д}}=30$ В; горелка со шлангом длиной 3,3 м); б — новый однороликовый механизм (диаметр проволоки 1,2 мм; $I_{\text{св}}=300$ А; $U_{\text{д}}=30$ В; горелка со шлангом длиной 7,0 м)

процесс сварки характеризуется традиционно низкой стабильностью.

Как видно из регистрограммы на рис. 4, а, процесс сварки в течение 6 с сопровождался возмущениями по $I_{\text{св}}$ (до двух возмущений в секунду), при которых из сварочной ванны выбивались крупные капли жидкого металла. Эти капли приваривались на околошовных поверхностях с частотой до 15–20 шт. на 100 мм шва (при $V_{\text{св}} \approx 30$ м/ч).

При работе нового устройства без подачи проволоки через горелку и с подачей проволоки через горелку со шлангом длиной 7,0 м разница в значениях силы тока якоря составляет всего 0,2 А. В то же время обращает на себя внимание тот факт, что сила тока якоря в условиях одинаковых нагрузок механизма остается неизменной и при сварке проволокой всех диаметров. Это свидетельствует о надежном электрическом контакте проволоки в токоподводящих

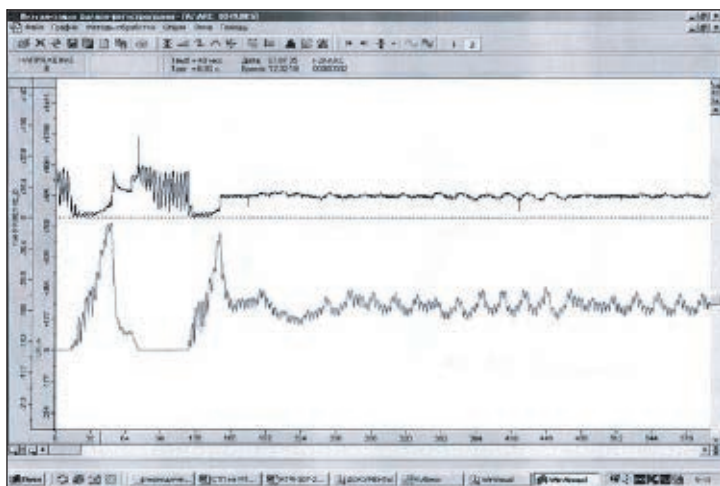


Рис. 5. Регистрограмма сварки в CO_2 порошковой проволокой с использованием нового однороликового механизма (диаметр проволоки 1,2 мм; $I_{\text{св}}=250$ А; $U_{\text{д}}=27$ В; горелка со шлангом длиной 7,0 м)

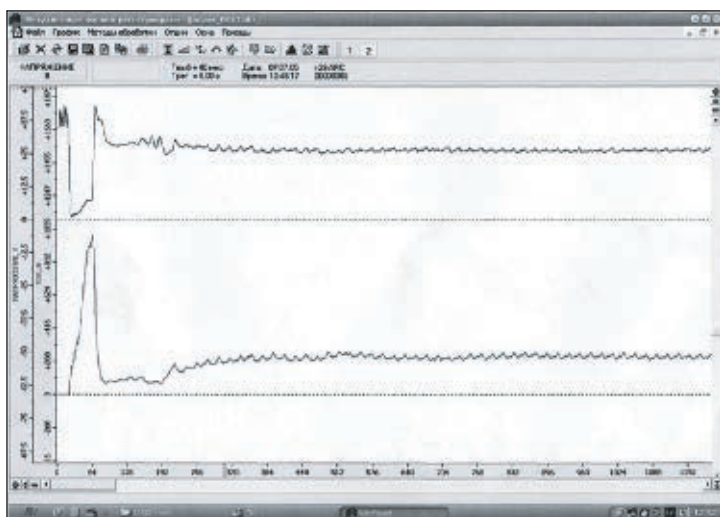


Рис. 6. Регистрограмма сварки алюминия в аргоне с использованием нового однороликового механизма (диаметр проволоки 1,2 мм; $I_{\text{св}}=250$ А; $U_{\text{д}}=27$ В; горелка со шлангом длиной 3,3 м)

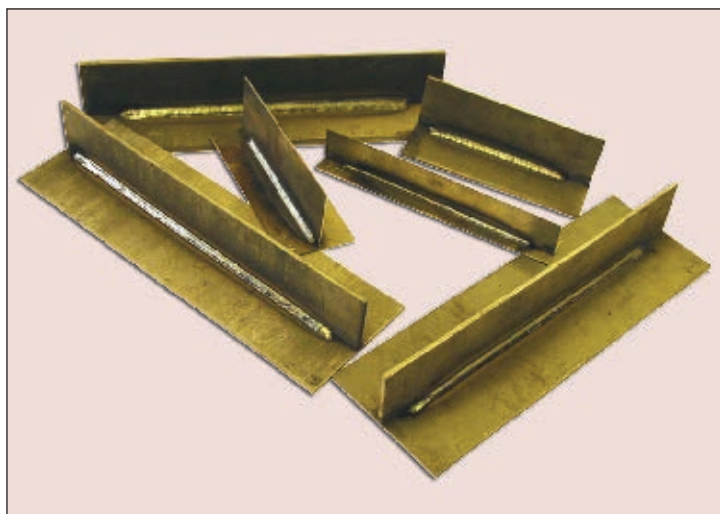


Рис. 7. Внешний вид тавровых соединений, полученных при сварке в CO_2 с применением нового механизма подачи проволоки

наконечниках горелок с длиной шланга до 15 м и об отсутствии «прихватывания» проволоки в наконечниках при сварке.

На регистрограмме *рис. 4, б* показан действительно стабильный процесс сварки, записанный при тех же параметрах режима, что на *рис. 4, а*: за те же 6 с сварки, при которых расплавлено около 2 м проволоки, не было ни одного возмущения по $I_{\text{св}}$, а процесс сопровождался мелкокапельным (струйным) переносом электродного металла в сварочную ванну без набрызгивания металла на околошовные поверхности.

Аналогичный по стабильности процесс зарегистрирован и при сварке в CO_2 порошковой проволокой (*рис. 5*).

Для дополнительного подтверждения универсальности нового способа подачи проволоки были проведены эксперименты по сварке в аргоне алюминиевого сплава АМГ–61.

Регистрограмма, характеризующая стабильный процесс сварки в аргоне со струйным переносом электродного металла при использовании нового однороликового механизма подачи, показана на *рис. 6*.

В целом результаты сравнительных испытаний нового механизма подачи проволоки с полноприводным четырехроликовым механизмом показали полное превосходство нового по следующим показателям:

- состоянию поверхности и форме поперечного сечения выправленной проволоки (поверхность проволоки гладкая, без повреждений, поперечное сечение сохраняет круглую форму);
- универсальности применения для подачи проволоки из твердых и мягких металлов (низколегированные и аустенитные стали, алюминий), а также порошковой проволоки;
- обеспечению надежной, стабильной скорости подачи проволоки диаметром 0,8–1,6 мм по стандартным гибким направляющим каналам длиной от 3,3 до 15 м;
- массе и габаритным размерам, эргономичности;
- диапазону технологических возможностей (расширение диапазона режимов сварки в сторону малых значений силы тока — до 20 А для сварки металлов толщиной менее 1,0 мм) и областей применения.

На *рис. 7* представлены фотографии сварных тавровых соединений с катетами швов от 2,0 до 6,0 мм, полученных при полуавтоматической сварке в CO_2 углеродистой стали толщиной 1,0–6,0 мм с применением нового механизма подачи проволоки.

Поскольку механизированная сварка в CO_2 является массовым способом сварки стальных конструкций, то первоочередной задачей стало проведение промышленных испытаний опытных образцов полуавтоматов с механизмами подачи новой конструкции именно при сварке в CO_2 .

Перед организацией серийного производства новых механизмов подачи особенно важно было, чтобы их опытные образцы прошли всесторонние испытания в условиях современного, технологически развитого сварочного производства. Такое производство имеет ОАО «Судостроительный завод «Северная верфь». Широкое разнообразие типов сварных соединений, толщин свариваемого металла, размеров швов и необходимость выполнения их в различных пространственных положениях и труднодоступных местах, а также наличие высококвалифицированных специалистов и почти полувековой опыт использования в производстве полуавтоматической сварки в CO_2 послужили основанием при принятии решения о производственных испытаниях именно на этом заводе.

На «Северной верфи» новый подающий механизм МПК-1 работал в комплекте с источниками ВДУ-505, ВДУ-506 «Завода Электрик» и PS 3500 фирмы «Кемпси». Сварку проводили в диапазоне силы тока 120–200 А, во всех пространственных положениях сплошной и порошковой проволоками диаметром 1,2 мм (Св-08Г2С, Св-08ГСНТ, Св-08Х19Н9Ф2С2, PZ 6113).

Производственные испытания нового механизма подачи проволоки в ОАО «Северная верфь» проходили в течение десяти месяцев и подтвердили преимущества способа однорольковой подачи с сопутствующей тщательной правкой проволоки в сравнении с традиционным способом подачи при использовании двух- и четырехрольковых механизмов:

- надежный электрический контакт токоподводящего наконечника с подаваемой проволокой обеспечивает устойчивое положение и постоянство длины вылета электрода и длины дуги при сварке;
- стабильное горение дуги, уменьшение размера переносимых капель электродного металла, снижение разбрызгивания электродного металла;
- увеличение ресурса токоподводящих наконечников;
- улучшение условий выполнения сварных соединений всех типов как на угле-

родистых, так и на нержавеющей сталях с получением требуемых форм, размеров и внешнего вида швов.

Аналогичные результаты были получены при испытаниях в течение 2006 г. еще двух опытных образцов механизмов подачи в условиях сборочно-сварочного производства ОАО «Завод Электрик».

В процессе производственных испытаний новых механизмов подачи подтвердилась также возможность широкого использования при механизированной сварке в CO_2 традиционных источников питания дуги (например, ВДУ-505, ВДУ-506, ВДУ-3020 и др.) без сложных систем стабилизации с обратными связями.

Полуавтомат, снабженный новым механизмом подачи проволоки, прост как по конструкции, так и в управлении (регулируются только два параметра: сила сварочного тока и напряжение), обладает повышенной ремонтпригодностью и полностью может обслуживаться цеховыми наладчиками, для выполнения сварочных работ могут привлекаться сварщики более низкой квалификации.

● #793



ПОЗДРАВЛЯЕМ!

30 мая 2007 г. исполнилось 80 лет Попову Вениамину Степановичу, профессору, доктору технических наук, академику Академии инженерных наук, заслуженному деятелю науки Украины.

50 лет В. С. Попов непрерывно работает в Запорожском национальном техническом университете. В

1964 г. он основал кафедру «Оборудование и технология сварочного производства», которой успешно руководит и сегодня. С 1978 по 1993 г. В. С. Попов был ректором Запорожского машиностроительного института (с 1994 — ЗНТУ). Дважды избирался депутатом Верховного Совета УССР.

Многолетний добросовестный труд В. С. Попова отмечен орденом Дружбы народов, Почетной грамотой Верховного Совета Украины, нагрудными знаками «Петр Могила», «Отличник Просвещения Украины», «За безупречный труд» I степени.

Искренне желаем Вениамину Степановичу долгой активной жизни, творческого и научного вдохновения, всегда быть в центре студенческой жизни, оставаясь для молодого поколения непререкаемым авторитетом. Душевной молодости Вам и здоровья, здоровья, здоровья!

Коллектив ООО «Триада-Сварка»,

Совет Общества сварщиков Украины,

редакционный совет, редколлегия, редакция журнала «Сварщик»

Влияние электроискрового легирования на износостойкость конструкционных материалов, работающих в условиях абразивного изнашивания

А. П. Кудрин, канд. техн. наук, НАУ, **И. А. Подчерняева**, д-р техн. наук, ИПМ Украины, **В. В. Жигинас**, **В. И. Маленко**, канд. техн. наук, ДП з-д 410ЦА, **В. Ф. Лабунец**, канд. техн. наук, НАУ (Киев)

Существенное повышение триботехнических характеристик трибоузлов современных летательных аппаратов и авиадвигателей возможно при условии применения новых технологических процессов и материалов, обладающих определенным комплексом физико-механических свойств. К таким материалам относится электропроводная борсодержащая композиционная оксидная керамика, используемая в качестве электродов для нанесения покрытий методом электроискрового легирования на алюминиевые сплавы, широко применяемые в авиационии.

Надежность и долговечность летательных аппаратов и авиадвигателей существенно образом определяются надежностью агрегатов и механизмов, работоспособность которых в свою очередь зависит от многих внешних факторов, действующих на узлы трения.

Анализ поврежденных деталей и элементов авиационных конструкций свидетельствует о том, что многие из них подвержены таким видам изнашивания, как абразивное, эрозионное, газо- и гидроабразивное, кавитационное, схватывание, фреттинг-коррозия и др. Например, лопатки турбин, несмотря на то, что они изготовлены из высокопрочных никелевых сплавов, интенсивно изнашиваются вследствие развития эрозионных процессов.

Следует отметить, что процесс эрозии настолько сложный, что никакая из существующих теорий не может его пояснить. Сложность изучения эрозионных процессов заключается в разнообразии физических механизмов, вызывающих изнашивание рабочих поверхностей, сложном их взаимодействии, а также в большом количестве и внутренних факторов, которые существенно влияют на характер и форму повреждения деталей. Эрозионное изнашивание редко протекает по одному механизму.

Одним из наиболее опасных и разрушительных видов изнашивания является схва-

тывание металлических поверхностей, сопровождающиеся интенсивным пластическим деформированием и разрушением поверхностей трения, вырывами и налипанием металла.

Процесс схватывания характеризуют высокие значения коэффициента трения и шероховатости, а также распространение пластической деформации на большую глубину. При этом развиваются процессы упрочнения поверхностных слоев и их разупрочнения. Частицы износа имеют высокую твердость и в процессе относительного перемещения могут выполнять роль абразива.

Опасным видом изнашивания авиационных деталей и конструкций является фреттинг-коррозия. Она приводит к образованию иных продуктов химических реакций между структурными составляющими поверхности и окружающей среды. В результате ухудшения качества поверхности деталей под влиянием фреттинг-коррозии усталостная прочность и долговечность изделия могут понизиться в десятки раз.

В авиационной технике фреттинг-коррозии подвержены подшипники приборов, шарниров элеронов, рулей высоты, ступиц колес, двигателя и узлов управления двигателем, шлицевые соединения, зажимы, штифтовые и заклепочные соединения и др.

Для снижения интенсивности развития разрушительных процессов применяют различные технологические методы поверхностного упрочнения и восстановления изношенных деталей: химико-термическую обработку, нанесение гальванических покрытий, газотермическое напыление (плазменное, детонационное и газопламенное), поверхностное пластическое деформирование, электроискровое легирование, поверхностную термообработку, лазерное легирование и др.

Авторами предложена методика электроискрового легирования (ЕИЛ) авиационных конструкционных материалов электродами нового поколения. Метод ЕИЛ в сравнении с другими методами поверхностного упрочнения и восстановления деталей машин и технологической оснастки имеет ряд преимуществ:

- возможность нанесения любых токопроводящих материалов;
- высокая прочность соединения нанесенного материала с основой;
- локальное проведение процесса;
- минимальное потребление энергии;
- среда, не требующая вакуума, охлаждения;
- отсутствие необходимости в тщательной подготовке и очистке поверхности упрочняемой детали;
- простота технологического процесса, малогабаритность и транспортабельность оборудования;
- экологическая чистота процесса.

Следует отметить, что эта технология относится к категории «холодных» (температура детали не превышает 60–80 °С). Электроискровое легирование является структуро- и формообразующим процессом, который осуществляется за счет высокотемпературного окисления продуктов электроэрозии в межэлектродном промежутке, их взаимодействия и конвекционного перемешивания в микрованне расплава. При этом наличие конвекционных потоков, градиента температур в расплаве и селективности смачивания легирующих компонентов материала подложки позволяет формировать градиентные структуры с изменяющимся по толщине фазовым составом.

При исследовании образец квадратной формы размером 30×30 мм и толщиной 4 мм с покрытием и без него прижимали на машине трения резиновым роликом диаметром 50 мм. При вращении ролика в зону контакта подавали свободный абразив. Усилие прижима регулировали с помощью специального устройства, а скорость подачи абразивных частиц — дозатором. Исследования проводили при скорости скольжения 0,063 м/с и нагрузке 44,1 Н. В качестве абразива использовали кварцевый песок SiO₂ зернистостью 120–160 мкм. Износ образцов определяли взвешиванием на аналитических весах АДВ–200 с точностью до 0,0001 г.

Электроискровое легирование образцов из алюминиевого сплава АЛ–25 осуществляли на установке «Элитрон–21», в качестве электродов использовали материалы, разра-

Таблица. Состав и свойства электродных материалов

Марка	Состав	Механические свойства		
		σ, МПа	K _{1С} , МНм ^{-1/2}	HV, ГПа
ЦЛАБ–1 на основе LaB ₆	LaB ₆ +ZrB ₂ +NiCr (связка)	200	—	15,04
ЦЛАБ–2 на основе ZrB ₂	ZrB ₂ +ZrSi ₂ +LaB ₆	620	4,5	27–28
ТБСАН	AlN+TiB ₂ +TiSi ₂	560	4,8	23,5
ЦБСАН	AlN+ZrB ₂ +ZrSi ₂	600	4,8	25,5*

* Микротвердость H₁₁.

ботанные в Институте проблем материаловедения НАН Украины: ЦЛАБ–1; ЦЛАБ–2; ТБСАН; ЦБСАН. Технологический процесс осуществляли при частоте импульсного тока 1200 Гц и энергии в импульсе 0,08 Дж. Кинетику массопереноса изучали гравиметрическим способом с точностью 10⁻⁴ г, определяя удельную Δ_а и суммарную ΣΔ_а эрозию анода, а также удельный Δ_к и суммарный ΣΔ_к привес катода через каждую минуту обработки 1 см² поверхности. Коэффициент массопереноса K рассчитывали как отношение привеса катода к эрозии анода при данном удельном времени обработки t (мин/см²): K=Δ_к/Δ_а. Фазовый состав и структуру покрытий, полученных после электроискрового легирования алюминиевого сплава, изучали методами металлографического, рентгенофазового (РФА) и микрорентгеноспектрального (МРСА) анализов на приборах ПМТ–3, ДРОН–3 и Camscan–4 DV. Адгезионное взаимодействие исследовали в вакууме методом лежащей капли с последующим анализом состава структуры образующихся в контактной зоне фаз.

Легирующие электроды представляли собой композиционную керамику на основе АСН – В₂ (ТБСАН) и AlN–ZrB₂ (ЦБСАН) с добавкой 5–10% (мас.) дисилицидов соответствующего металла Ti (Zr)Si₂, а также на основе систем LaB₆–ZrB₂ (ЦЛАБ–1) и ZrB₂–LaB₆ (ЦЛАБ–2). Электроды (таблица) в виде штабиков размером 3×4×35 мм получали методом горячего прессования под давлением 35 МПа при температуре 1800 °С. Пористость образцов составляла около 2%.

При электроискровом легировании алюминиевого сплава данными электродными материалами на обрабатываемой поверхности образовывались покрытия, модифицированные элементами, входящими в состав электродов. Структура покрытия неоднородна. В адаптированной глобулами матрице находились тугоплавкие соединения и различные оксидные фазы: оксиды химиче-

Рис. 1. Распределение микротвердости по толщине покрытия ЦБСАН на алюминиевом сплаве АЛ 25

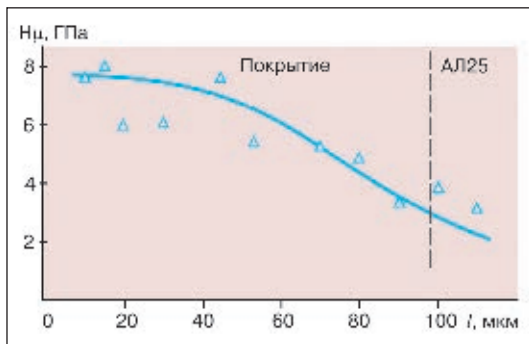


Рис. 2. Электронные фотографии сплава АЛ 25 без покрытия (а) и с покрытием ТБСАН (б) после абразивного изнашивания

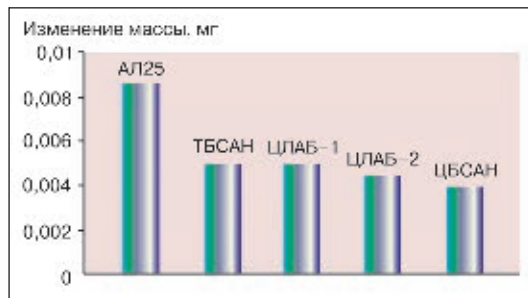
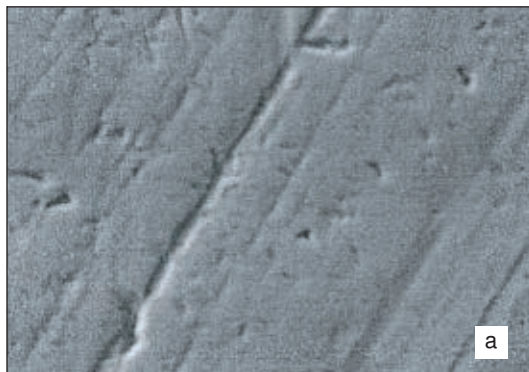
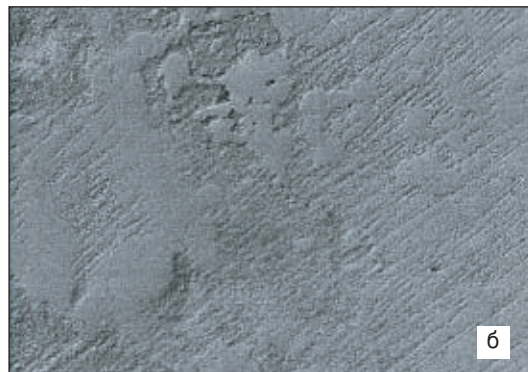


Рис. 3. Диаграмма износоустойчивости сплава АЛ 25 после ЭИЛ



Новым самолетам нужны птичьи крылья с рыбьей чешуей

Жесткие крылья, очевидно, не могут оптимально работать в разных режимах полета. Это известно давно, и отсюда родилась идея морфинга — трансформации самолетных крыльев для большего их сходства с живыми. Причем в качестве прообразов используются не только птицы, но и рыбы.

Над проектами морфинг-самолетов уже не первый год работают инженеры и ученые, главным образом — в США. Пока ярких, зримых результатов что-то не видно. Но уж больно заманчивой кажется идея. И вот университет Пенсильвании (Pennsylvania State University) обнародовал первые результаты своего исследования по данной теме. Здесь изобрели крылья самолета, которые изменяют форму, как крылья птицы и закрыты чешуей, как рыба. Правда, пока команда построила только настольную модель.

Морфинг-крылья, разработанные в университете, могут менять и свою площадь, и форму поперечного сечения. Основа крыльев — изменчивая клеточная или сотовая силовая структура, выполняющая роль «костей и связок», а также сегментированная чешуйчатая «кожа». Многоугольные ячейки каркаса, расположенные вдоль верхней и нижней поверхности крыла, могут складываться по-разному, изгибая таким образом крылья вверх и вниз. А если их трансформировать согласованно — меняется размах крыла.

Морфинг-самолёт в представлении NASA



Насколько действенной окажется такая сложная система? Есть большие сомнения в эффективности именно этого пути развития крыльев летательных аппаратов, но пока ученые университета Пенсильвании не разочаровались в своем проекте.

www.membrana.ru

ских элементов электрода и матрицы, оксидитиды, бораты алюминия. Глобулы обогащены цирконием (т. е. фазой ZrB_2), а межглобулярное пространство — кислородом, что свидетельствует о формировании пространства между глобулами преимущественно с участием оксидных фаз. Постепенное снижение микротвердости покрытия к основе (рис. 1) обусловлено градиентным распределением алюминия по толщине покрытия.

Оксидные фазы, которые образуются в микроканале на поверхности катода в условиях высокочастотного ЭИЛ, оказывают существенное влияние на процессы трения и изнашивания. При трении в условиях нежестко закрепленного абразива износоустойчивость алюминиевого сплава после ЭИЛ в два раза выше износоустойчивости неупрочненного сплава. На рабочей поверхности Al-сплава без покрытия наблюдаются глубокие риски, царапины, следы микрорезания (рис. 2, а). Рабочая поверхность Al-сплава с покрытием более гладкая (рис. 2, б), износ образцов с покрытиями значительно меньший, чем без покрытий (рис. 3). Минимальный износ имеет покрытие ЦБАН, в структуре которого находится диборид циркония.

Разработанную технологию ЭИЛ рекомендуют для упрочнения и восстановления деталей из алюминиевых сплавов, работающих в условиях абразивного изнашивания.

● #794

Тенденции развития сварочного производства Республики Корея

В. Н. Бернадский, канд. техн. наук, **О. К. Маковецкая**, канд. экон. наук,
Институт электросварки им. Е. О. Патона

Республика Корея (Южная Корея) занимает южную часть Корейского полуострова. Общая площадь страны 99 617,38 км². Население страны — около 49 млн. чел. (2006 г., оценка).

Республика Корея, начиная с 1960-х гг., демонстрирует рекордный темп интеграции в высокотехнологичную мировую экономику. Еще четыре десятилетия назад Корея по объему ВВП на душу населения была на уровне беднейших стран Африки, а с 2004 г. страна вошла в клуб стран-миллиардеров. К числу основных факторов, обуславливающих высокий и устойчивый рост экономики, можно отнести: жесткое государственное регулирование экономики; глубокую интеграцию в мировое хозяйство на основе поэтапного селективного развития экспортных отраслей; широкое привлечение и эффективное использование как прямых зарубежных инвестиций, так и доходов от экспорта собственной продукции.

Отличительной чертой южнокорейской экономики является ее опора на ряд крупных промышленных объединений, таких как Hyundai, Samsung, Daewoo и LG, которые пользуются поддержкой правительства, а их организационная структура содержит элементы семейного бизнеса.

В 2006 г. Корея заняла 14-е место в мире по объему ВВП (897,4 млрд. дол. США или в расчете на душу населения 24,2 тыс. дол. США). Структура ВВП ориентирована на промышленность — 45% и сферу услуг — 52%; вклад сельского хозяйства — всего 3%. В промышленном секторе экономики занято 26,4% всего трудоспособного населения, в секторе услуг — 67,2%. Прямые зарубежные инвестиции составили 28,4% от ВВП.

Основные отрасли промышленности Республики Корея — электроника, средства телекоммуникации, автомобилестроение, судостроение, химическая и металлургическая промышленность. В 2006 г. рост промышленного производства составил 8%.

Республика Корея входит в пятерку стран — мировых лидеров производства и потребления стали как основного конструк-

ционного металла, перерабатываемого с использованием сварочных и родственных технологий. В 2005 г., по данным Международного института стали (IISI), в стране было произведено 47,8 млн. т стали и 49,4 млн. т горячекатаного проката (18,8 млн. т — сортовой прокат; 30,6 млн. т — плоский прокат). В эти объемы включены и некоторые виды стальной металлопродукции, в частности: специальный крупногабаритный профильный прокат — 4,0 млн. т; стальная строительная арматура — 9,5 млн. т; тонкий металлический лист и лента с покрытием — 9,5 млн. т, сварные трубы — 4,1 млн. т. Видимое потребление стали в 2005 г. составило 49,0 млн. т, а видимое потребление готовой стальной продукции — 47,1 млн. т.

Основная доля производимой в Южной Корее готовой стальной продукции, в первую очередь листового проката, потребляется в автомобилестроении и судостроении. В стране ежегодно производится более 3 млн. автомобилей, а объем заказов на строительство судов составляет порядка 10 млн. брутто-тонн. Только на крупнейшей судовой верфи страны — Hyundai годичный расход стали превышает 1,0 млн. т.

При формировании в 1960–1970 гг. фундамента экономического развития в Республике Корея основной упор был сделан на опережающее развитие базовых отраслей экономики — тяжелой промышленности, металлургии, судостроения и автомобилестроения. Все эти отрасли относятся к металлоемким и металлообрабатывающим отраслям производства, для которых технологии соединения и обработки металла являются определяющими. Поэтому вполне закономерно, что в эти годы интенсивно развивалось сварочное производство.

Для всех молодых азиатских экономик характерно, что они активно использовали достижения мировой сварочной техники. Так, массовое производство собственного сварочного оборудования в Республике Корея было начато в 1990-х гг. с изготовления малогабаритного оборудования для механизированной и ручной дуговой сварки,

включая инверторные источники питания, а также машин для контактной сварки. Это уже на первых этапах позволило снизить себестоимость продукции и повысить качество сварных соединений и конструкций.

Производство сварочных материалов в Республике Корея ориентировано на выпуск сплошной легированной и порошковой проволоки малых и средних диаметров — основных потребляемых сегодня сварочных материалов.

По данным Корейского общества сварщиков, в 2003 г. экономический вклад сварки в экономику страны (по объему затрат на сварочное производство в основных отраслях промышленности и строительстве) составил 2,6 трлн. вон, или около 2,6 млрд. дол. США, что соответствует примерно 0,3% от ВВП. Этот показатель ставит сварочное производство Республики Корея в один ряд со сварочным производством США и Германии [2, 3].

На рис. 1 приведены данные, характеризующие общие затраты на сварочное производство в трех традиционно базовых отраслях производства Республики Корея [4]. Самый высокий объем затрат на сварку и родственные технологии отмечается в судостроении. В 2003 г. он достиг 1,2 трлн. вон, а ежегодный рост этого показателя в среднем составляет 8%. В автомобилестроении объем затрат на сварочное производство в

2003 г. составил 500 млрд. вон, но динамика ежегодного роста этого показателя существенно выше — в среднем 12%. В электронике при использовании сварочных и родственных технологий самый низкий объем затрат, он не превышает 300 млрд. вон, но сохраняет ежегодный прирост 10–11%.

Представляя общий объем производства собственно сварочной техники, Корейское сварочное общество опубликовало статистические данные только об объемах выпуска сварочного оборудования (рис. 2). Объем производства сварочного оборудования в 2003 г. немногим превысил 250 млрд. вон (250 млн. дол. США), и средний ежегодный показатель его прироста в период 1999–2003 гг. составлял порядка 15% [4].

Недавно известная маркетинговая фирма Frost&Sullivan (США) опубликовала результаты собственных исследований рынка сварочной техники Южной Кореи [5], согласно которым суммарный объем продаж сварочной техники в 2005 г. составил 656,2 млн. дол., и по их же прогнозно-аналитической оценке к 2012 г. объем рынка может возрасти до 955,0 млн. дол. Основную долю в структуре рынка сварочной техники Республики Корея, по данным Frost&Sullivan, составляет оборудование для дуговой сварки — 58,5% (384,0 млн. дол.), на сварочные материалы приходится 27,1% (177,7 млн. дол.), а остальные 14,4% (94,5 млн. дол.), можно полагать, — машины для контактной сварки, специальный ручной инструмент, средства защиты и пр.

По данным Корейского сварочного общества, структура рынка сварочной техники существенно отличается от данных фирмы Frost&Sullivan. Так, по [7], рынок сварочного оборудования включает две основные группы оборудования: для дуговой сварки плавлением (60% всего рынка) и контактной сварки (40%). Основными потребителями сварочного оборудования собственного производства являются автомобилестроение и электроника — 60–65% от общего объема оборудования, остальные 35–40% производимого в стране сварочного оборудования поставляются по заказам судостроения и промышленного строительства.

Сварочные роботы в структуру корейского рынка сварочной техники, как правило, не включаются, хотя Южная Корея — это один из лидеров производства и применения робототехники. На конец 2004 г. парк сварочных роботов здесь насчитывал 18 739 шт., что составляет 37% всего парка роботов

Рис. 1. Объем затрат на сварочное производство в трех отраслях промышленности (1999–2003 гг.)

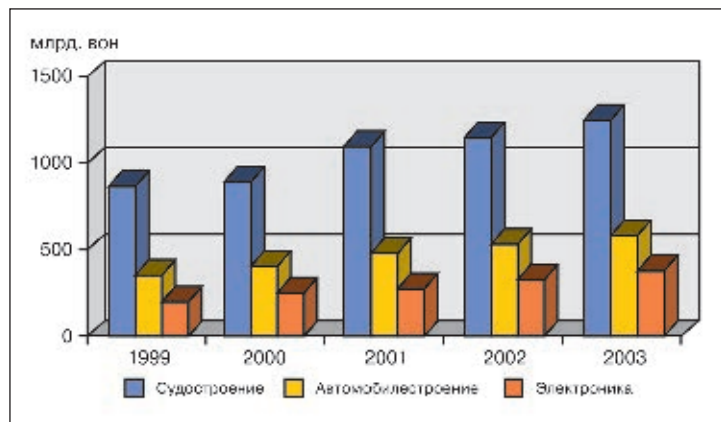
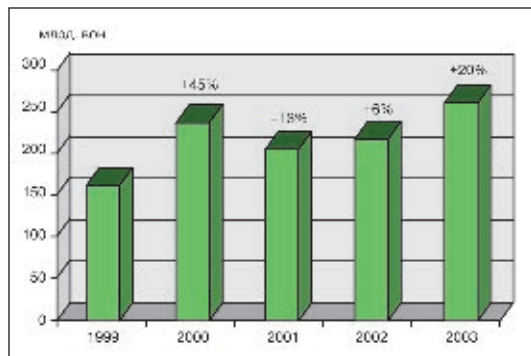


Рис. 2. Объем производства сварочного оборудования и динамика его ежегодного изменения (1999–2003 гг.)



Республики Корея. Роботы для дуговой сварки составляют 45%, а роботы для контактной сварки — 55% парка роботов. В 2004 г. в Республике Корея было произведено 1190 сварочных роботов на сумму 59,6 млн. дол. США: 253 шт. (8,9 млн. дол. США) — для дуговой сварки и 937 шт. (50,7 млн. дол. США) — для контактной сварки. Экспорт в 2004 г. составил 814 шт. сварочных роботов на сумму 52,5 млн. дол. США, из которых 810 шт. были специализированы для контактной сварки. В 2004 г. Республика Корея импортировала 1784 сварочных роботов на сумму 45,1 млн. дол. США, 53% из них составляли роботы для дуговой сварки. В 2004 г. в стране было установлено 2161 шт. сварочных роботов: 1186 — для дуговой сварки. 974 — для контактной сварки, 1 шт. — для лазерной сварки [7].

Сварочное оборудование в Республике Корея выпускают 44 компании и фирмы. В их число входят дочерние предприятия и филиалы ведущих зарубежных фирм. Небезынтересно, что 90% сварочного оборудования производят малые и средние предприятия. К числу крупнейших компаний-производителей сварочного оборудования относятся: Daewoo Welding Equipment Inc. Co., ltd, Sunny Tech Co, G.E.T. Co., Ltd., I.W.S. Co., Ltd. [8].

Как отмечалось выше, Республика Корея ведет активную внешнюю торговлю. Так, в 2003 г. объем экспорта сварочного оборудования составил 93,6 млн. дол. США (машины для точечной и стыковой сварки, оборудование для электродуговой сварки), а импорта — 128,7 млн. дол. (машины для контактной шовной сварки, специальные сварочные роботы и комплексы, оборудование для сварки пластмасс) [9].

В 2003 г. общее производство сварочных материалов в Республике Корея составило 295 тыс. т. По отношению к 1995 г., когда было произведено 45 тыс. т, прирост производства составил 250 тыс. т. При этом внутреннее потребление составляет 62% выпускаемых сварочных материалов, 38% — экспортируется [10]. В 1990 г. доля производства сплошной и порошковой проволоки для сварки в защитных газах составляла 19,5% от общего производства сварочных материалов, а в 2003 г. на ее долю уже приходилось до 78%, что отражает существенный рост уровня автоматизации и механизации сварочных операций. Объемы производства сплошной и порошковой проволоки практически одинаковы, но около 40% сплошной омедненной сварочной проволоки идет на



Рис. 3. Структура производства сварочных материалов в Республике Корея (2003 г.)

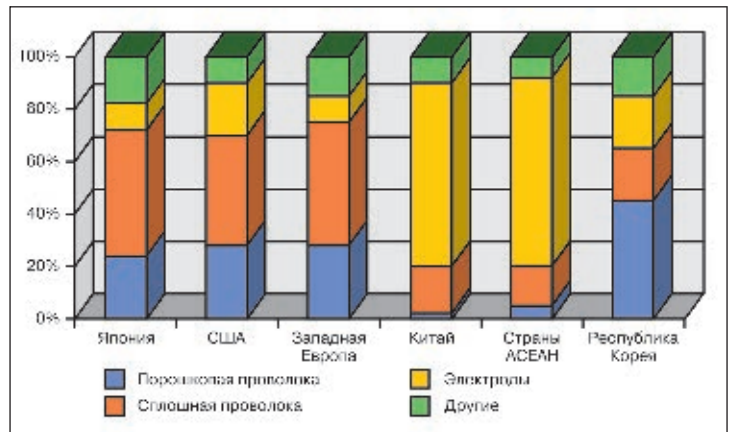


Рис. 4. Структура потребления сварочных материалов в Японии, США, Западной Европе, Китае, странах АСЕАН, Республике Корея [10]

экспорт. Основная доля (80%) порошковой проволоки производится с сердечником рутилового типа, и около 10% — с металлическим порошком. В стране производится высокотемпературный спеченный флюс для дуговой сварки под флюсом. Плавленные флюсы импортируются [6]. На рис. 3 показана структура производства сварочных материалов в Республике Корея в 2003 г. Структуру потребления сварочных материалов в Республике Корея и некоторых других странах наглядно иллюстрирует график (рис. 4).

Сварочные материалы в Республике Корея производят 22 фирмы и компании. Крупнейшими производителями всех видов сварочных материалов являются компании Chosun Steel Wire, Hyundai Welding Co.Ltd., Shine Co., Ltd, ESAB SeAH Corp, KisWel. Компания Hyundai Welding Co.Ltd, созданная в 1975 г., — один из крупнейших производителей широкого сортамента сварочных и присадочных материалов. Доля продаж сварочных материалов компанией на внутреннем рынке составляет 62%. Компания производит: покрытые электроды для ручной дуговой сварки (60 тыс. т); сплошную легированную проволоку для дуговой сварки в среде защитных газов (25 тыс. т); порошковую проволоку для сварки в среде защитных газов (100 тыс. т); проволоку и флюс для автоматической сварки (25 тыс. т); проволоку для MIG и TIG сварки

нержавеющих сталей (3 тыс. т). Продукция компании в основном поставляется в судостроение, автомобилестроение и тяжелое машиностроение. Объемы ежегодных продаж компании составляют 5–10 млн. дол. Производство имеет высокий уровень автоматизации и механизации, на нем занято немногим более 600 чел. [11, 12].

Основным отличием структуры потребления сварочных материалов в Республике Корея является доминирующая роль порошковой проволоки — 40% от общего объема сварочных материалов. Порошковые проволоки применяются для сварки углеродистой, низко-, средне- и высоколегированной сталей, а также сталей повышенной и высокой прочности. Они обеспечивают более высокую производительность и качество сварных швов при одновременном сокращении удельного расхода проволоки. Лидером потребления порошковой проволоки в настоящее время является судостроение. Примером наиболее массового применения порошковой проволоки в производстве судов может служить практика судоверфи Samsung. Так, еще в 2001 г. на этой верфи в общем объеме всех сварочных материалов более 85% составляла порошковая проволока, в том числе 71,6% этой проволоки применялось при ручной полуавтоматической сварке, 10,3% — при механизированной сварке и 3,7% — при сварке роботизированной. Объем применения на верфи электродов для ручной сварки не превышает 2,0% [13].

Безусловно, сегодня достижения корейского сварочного производства по объемам и темпам производства и потребления порошковой проволоки можно считать рекордными. Хотя 10–12 лет назад сварочная общественность отнесла к безусловным достижениям мирового сварочного производства успех Японии в значительном (1,2–1,5 раза) превышении производства порошковой проволоки в сравнении с производством электродов для ручной сварки [14].

Корейская сварочная промышленность развивается несколько медленнее, чем японская, но экономические модели ее развития ничем не уступают японским. Поэтому уровень поставляемой на внутренний и внешний рынок сварочной техники (оборудования и материалов) у Японии и Республики Корея практически одинаков. Корейские производители сварочного оборудования и материалов весьма заинтересованы в трансфере инновационных разработок, другими словами, заинтересованы во внедрении в свое производство результатов японских исследований и разработок. Этому процессу активно способствует международное сотрудничество Республики Корея в Азиатской сварочной федерации.

В 2000 г. ученые и специалисты-сварщики 10-ти азиатских стран по формуле «АСЕАН+3» (Индонезия, Малайзия, Сингапур, Таиланд, Бруней, Вьетнам, Мьянма, Камбоджа плюс Япония, Китай и

Южная Корея) учредили Азиатскую сварочную федерацию — АСФ [15]. Среди основных направлений деятельности АСФ, в первую очередь, гармонизация программ обучения и сертификации сварочного персонала в странах-членах АСФ с международными стандартами IIW, JAS, AWS, EN и др. Страны азиатского региона, включая Южную Корею, испытывают острый дефицит в квалифицированном рабочем и техническом сварочном персонале. Лидирующую роль в организации направлений исследований и инновационных разработок в АСФ играет Японское сварочное общество. Одна из главных задач АСФ — уже в ближайшее время довести долю участия азиатских производителей сварочной техники на мировом сварочном рынке до 50% [15].

Корейские разработчики и производители сварочной техники исходя из общих тенденций мирового сварочного рынка и внутренних запросов ведущих отраслей промышленного производства и строительства сформировали на ближайший период ряд базовых задач по развитию прогрессивной сварочной техники.

В области производства сварочного оборудования намечены разработки:

- высокопроизводительных контактных точечных машин (с управляемым тепловложением) для роботизированной сварки в автомобилестроении;
- лазерных и гибридно-лазерных систем для производства составных сварных заготовок Tailored Blanks;
- оборудования на базе инверторных источников питания для дуговой сварки, оснащенного аналоговым и цифровым управлением и/или с элементами искусственного интеллекта.

В области сварочных материалов первоочередными задачами являются разработки:

- высокопроизводительной порошковой проволоки с низким выделением сварочного аэрозоля (повышенной экологичности) в основном с сердечником рутилового типа; ряд марок проволоки предназначен для сварки с высокой погонной энергией толстолистового металла;
- сплошных (омедненных) проволок для сварки в защитных газах низколегированных (класса 550 Н/мм²) и жаропрочных сталей для сосудов давления;
- специальных электродов для ручной сварки коррозионностойких сталей, а также меди, никеля, алюминия и их сплавов; при их применении должны быть соблюдены высокие экологические требования, обеспечивающие минимальное выделение сварочных аэрозолей.

В Республике Корея считают, что их сварочную продукцию отличают стабильно высокое качество и сравнительно низкая стоимость, и это делает ее достаточно конкурентоспособной на сварочном рынке азиатских и ряда других стран.

● #795

Список литературы

1. *The world factbook*. Korea, south//www.cia.gov.
2. **Южная Корея: быстро-быстро-быстро** // www.zerkalonedeli.com/ie/show/49/39325/
3. **Бернадский В. Н., Маковецкая О. К.** Сварочное производство и рынок сварочной техники в современной экономике // Сварочное производство. — № 2. — 2007. — С. 43–47.
4. **Статистический анализ сварочной промышленности Республики Корея** // Журнал Корейского общества сварщиков. — vol. 23. — №3, June. — 2005 (язык корейский).
5. **South Korean welding market** // Frost&Sullivan. — www.researchandmarkets.com.
6. **Cho Seon Mook.** State-of-the art of Welding Materials and Instrument in Korea // Journal of The Japan Welding Society. — vol.74. — №1. — 2005. — p. 18-19.
7. **World Robotics 2005.** — United Nations/Economic Commission for Europe, The International Federation of Robotics. — 2005. — 403 p.
8. **Korea Information Service.** Wire // www.daishin.co.kr/research/companyInfo/en/html/000590_1.htm.
9. **Welding Korea 2005** // www.weldigshow.co.kr/2005/eng/info/info_2.asp.
10. **Koshiishi Fusaki.** Global Strategy for Welding Consumables in Asia//Journal of The Japan Welding Society. — vol.74. — №1. — 2005. — p. 51-55.
11. **Hyundai Welding Co., Ltd.** Welding&Solders//www.alibaba.com/company/10232810.html
12. **Lincoln Electric Sings Agreement to Acquire Hyundai Welding Ltd**//http://phx.corporate-ir.net/phoenix.zhtml?c=100845&p=irol-newsArticle.
13. **Южная Корея — лидер судостроения** // www.esab.ru.
14. **Бернадский В. Н., Маковецкая О. К.** Современный сварочный рынок Японии // Технология машиностроения. — 2002. — №3. — 71–76 с.
15. **The Asian Welding Federation is founded**// Journal of Japan Welding Society. — №1. — 2005. — 5–9 p.

Высоко- и низкотемпературные испытания материалов на прочность

Специализированная испытательная лаборатория высоко-температурных и криогенных испытаний ГП «НТЦ «Перспективные технологии» Института электросварки им. Е. О. Патона» НАН Украины на базе отдела металлургии и сварки высоколегированных сталей и сплавов ИЭС им. Е. О. Патона проводит испытания широкого класса металлических материалов, в том числе высокопрочных, жаростойких, жаропрочных, коррозионностойких сталей и сплавов для криогенной техники. Испытания проводят в соответствии с требованиями стандартов (ДСТУ, ГОСТ, ASTM, ISO) при комнатной, повышенной до плюс 1400 °С (1673 К) и пониженной до минус 269 °С (4,2 К) температурах на:

- статическое растяжение;
- мало- и многоцикловую усталость;
- вязкость разрушения;
- длительную прочность, релаксацию и ползучесть.

Рис. 1. Испытательная сервогидравлическая установка MTS 810



Современное испытательное оборудование (рис. 1) позволяет реализовать различные режимы нагружения, выполнять измерения усилия, деформации и температуры с высокой точностью в процессе испытаний, обрабатывать данные на компьютере и получать результаты с минимальными затратами времени.

Лаборатория аккредитована в Национальном агентстве аккредитации Украины по международному стандарту ДСТУ/ISO 17025–2001 (рис. 2). Испытательное оборудование аттестовано ГП «Укрметрестстандарт» Украины.

Подробную информацию можно получить в ГП «НТЦ «Перспективные технологии» Института электросварки им. Е. О. Патона» и в отделе № 19 института.

Я. Б. Лебедевич, В. Э. Филатов, Л. В. Чекотило, ИЭС им. Е. О. Патона, А. К. Ющенко, ГП «НТЦ «Перспективные технологии» Института электросварки им. Е. О. Патона». Тел.: (044) 287–10–88, 200–80–22. Тел./факс: (044) 287–43–53, 287–07–55. E-mail: yu.kon@paton.kiev.ua

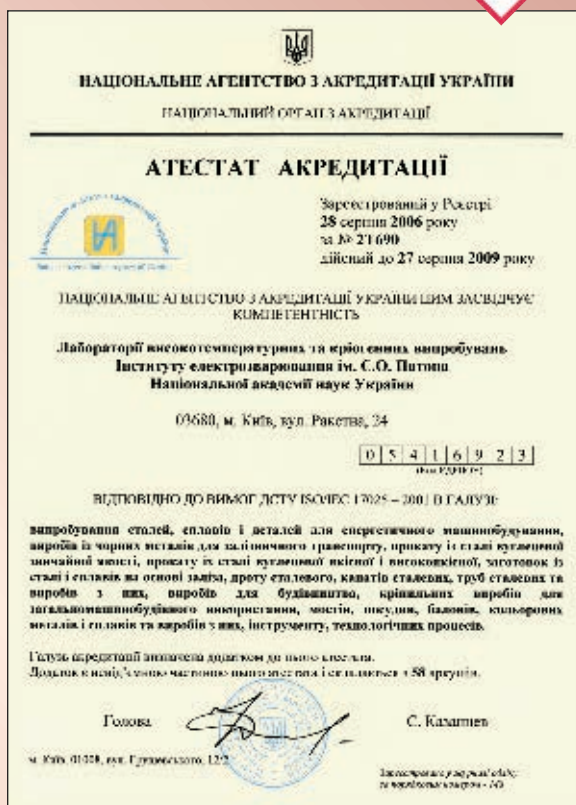


Рис. 2. Аттестат аккредитации

Промышленная вентиляция. Часть 1

О. Г. Левченко, д-р техн. наук, Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины

Современная вентиляционная техника стала более эффективной и экономичной, не требующей больших денежных затрат.

Общие требования к системам вентиляции. Вентиляция — это процесс воздухообмена в производственных помещениях, который обеспечивает нормированные значения параметров микроклимата и чистоту воздуха. При проектировании вентиляции необходимо выполнять такие требования:

- Вентиляция должна обеспечивать необходимую чистоту воздуха и параметры микроклимата производственного помещения в соответствии с ГОСТ 12.1.005–88.
- Общеобменная вентиляция должна обеспечивать эффективный баланс между объемами воздуха, которые поступают в помещение и удаляются из него.
- Система вентиляции не должна создавать дополнительных вредных и опасных факторов (переохлаждение, перегрев, шум, вибрация, пожаровзрывоопасность).
- Вентиляционное оборудование не должно мешать движению внутрицехового транспорта, снижать производительность труда, влиять на качество продукции.
- Вентиляция должна быть надежной и экономичной в эксплуатации.

Виды систем вентиляции. Системы вентиляции можно условно классифицировать по следующим основным признакам:

- способу организации воздухообмена — естественная, механическая и смешанная (естественная и механическая вентиляция);

- способу подачи и удаления воздуха (приточная, вытяжная и приточно-вытяжная);
- назначению (общеобменная или местная);
- продолжительности действия (рабочая, аварийная).

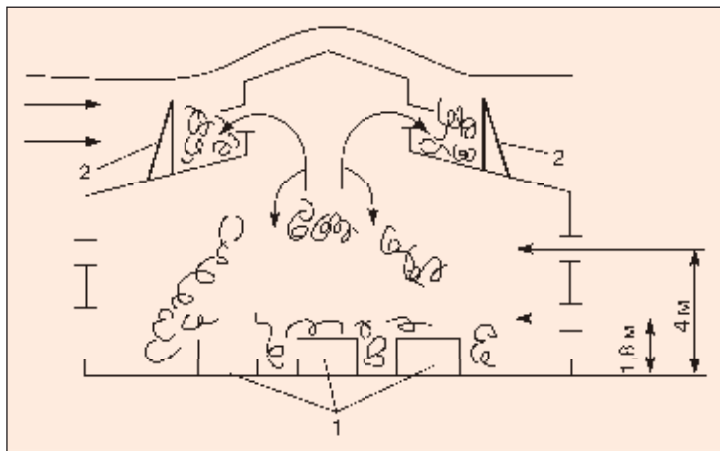
При **естественной** вентиляции воздухообмен осуществляется под действием естественных сил — разности плотности теплого воздуха внутри помещения, более холодного внешнего и силы ветра.

Естественная вентиляция бывает неорганизованной, если осуществляется через открытые окна, дверь или неплотности во внешних ограждающих конструкциях (инfiltrация), и организованной и регулируемой (аэрация).

Аэрацию применяют в помещениях с небольшим аэродинамическим сопротивлением со значительным выделением теплоты и требующих большого количества приточного внешнего воздуха без предыдущей его обработки (котельни, сборочные цеха, в которых не ведут сварочные работы, складские помещения и др.), а также в помещениях, где отсутствует конденсация влаги из воздуха и не образуется туман. Осуществляют аэрацию с помощью аэрационных фонарей, специальных вентиляционных каналов, фрагм и окон.

Принцип действия аэрации здания (помещения) большого объема при наличии источников выделения теплоты показан на *рис. 1*. Внешний воздух поступает снизу через приточные прорезы (окна или фрагмы), ассимилирует загрязнители (излишки теплоты, влаги, вредные вещества), нагревается, поднимается вверх конвективными струями и выходит из помещения через вытяжные прорезы аэрационного фонаря. В помещении создается направленная циркуляция воздуха, при которой возникает незначительное разрежение, что является причиной подсосывания внешнего холодного (более тяжелого) воздуха. В теплый период года, когда разность температур внутреннего и внешнего воздуха незначительна, открывают наибольшее количество фрагм, при этом свежий воздух поступает через нижний ряд прорезей на уровне 0,3–1,8 м от пола. В холодный период года

Рис. 1. Схема аэрации цеха с помощью фонаря с ветрозащитными щитами: 1 — источники тепловыделений; 2 — ветрозащитные щиты



поступление внешнего воздуха ограничивают с помощью верхнего ряда прорезей, расположенных на уровне не ниже 4 м от пола.

Эффективность аэрации обеспечивают ветрозащитные щиты (сталь, асбестоцемент), которые предотвращают действие лобового ветра на поток вентилируемого воздуха.

Процесс естественного воздухообмена будет тем интенсивней, чем больше разность температур внутреннего и внешнего воздуха и выше скорость ветра. Ветер, независимо от его направления, создает еще одну зону разрежения в пространстве между щитами и стенками фонаря, которое способствует удалению загрязненного воздуха.

В многоэтажных зданиях и помещениях небольших объемов вместо фонарей используют вытяжные аэрационные шахты (каналы в стенах), которые заканчиваются зонтами для защиты от атмосферных осадков, или дефлекторами.

Дефлектор (рис. 2) усиливает аэрацию. Ветровой поток любого направления при обтекании дефлектора создает вокруг его поверхности дополнительное разрежение, вызывающее тягу загрязненного воздуха из вытяжной трубы. Эффективность дефлектора возрастает с увеличением скорости ветра и высоты установки над крышей здания.

Преимущества естественной системы вентиляции — простота конструктивного исполнения и эксплуатации, а также ее экономичность в связи с отсутствием затрат энергии на перемещение больших объемов воздуха. К недостаткам естественной вентиляции можно отнести зависимость эффективности вентиляции от температуры и скорости внешнего воздуха, невозможность очистки и регулирования параметров (температуры, относительной влажности) приточного и загрязненного воздуха, выбрасываемого в атмосферу.

Механическая вентиляция — комплекс вентиляторов и воздуховодов, который обеспечивает постоянный воздухообмен в помещении независимо от внешних метеорологических условий. В случае необходимости он включает устройства для обработки воздуха, поступающего в помещение (подогрев, охлаждение, увлажнение или сушку), и очистку загрязненного воздуха, выбрасываемого наружу.

При механической вентиляции организованное движение воздуха возникает за счет разности давления, которое создается вентиляторами. Ее применяют в вентиляционных системах со значительными аэро-

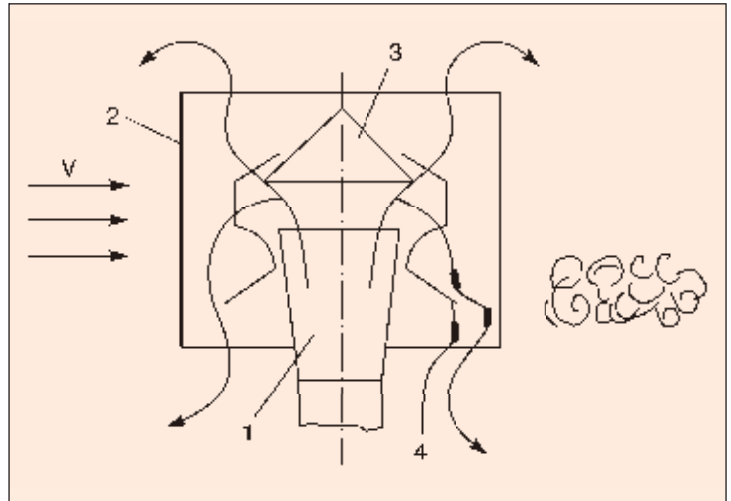


Рис. 2. Дефлектор конструкции ЦАГИ: 1 — вытяжная труба; 2 — внешняя оболочка; 3 — противодождевой колпак (зонт); 4 — конус, предотвращающий обратную тягу воздуха в помещение

динамическими сопротивлениями, которые возникают при сложной обработке и распределении воздуха. Механическая вентиляция может быть приточной или вытяжной, приточно-вытяжной, а также общеобменной и местной.

В системах механической вентиляции движение воздуха осуществляется в основном вентиляторами — воздуходувными машинами (осевого или центробежного типа) и в некоторых случаях эжекторами. Осевой вентилятор представляет собой расположенное в цилиндрическом кожухе лопаточное колесо, при вращении которого воздух, поступающий в вентилятор, под действием лопаток перемещается в осевом направлении. Преимуществами осевых вентиляторов является простота конструкции, большая производительность, возможность регулирования производительности, возможность реверсирования потока воздуха. Недостатки таких вентиляторов — малое значение создаваемого давления (30–300 Па) и повышенный шум. Центробежный вентилятор состоит из спиралеподобного корпуса с размещенным в середине лопаточным колесом, при вращении которого воздух, поступающий через входное отверстие, попадает в каналы между лопатками колеса и под действием центробежной силы перемещается по этим каналам, собирается в корпусе и выбрасывается через выпускное отверстие. Давление, которое создают вентиляторы такого типа, может достигать больше 10 000 Па. В зависимости от состава перемещаемого воздуха вентиляторы могут быть разной конструкции и изготовлены из

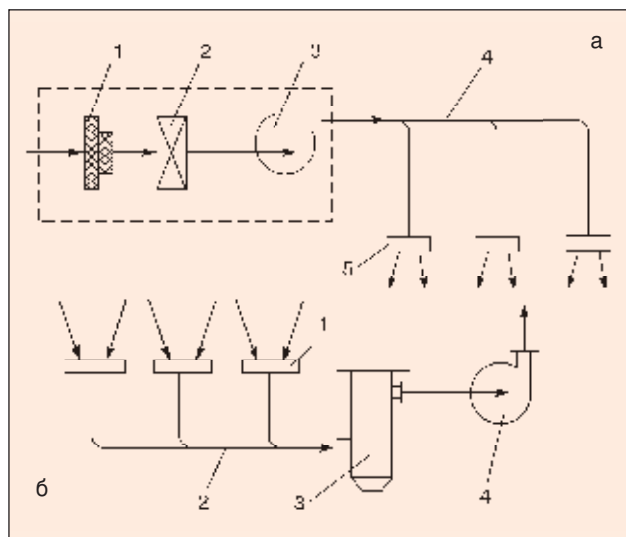


Рис. 3. Схемы механической вентиляции: а — приточной (1 — пылеочистительный фильтр; 2 — калорифер; 3 — вентилятор; 4 — магистральный воздухопровод; 5 — вентиляционные нагнетательные насадки); б — вытяжной (1 — вентиляционные заборные насадки; 2 — магистральный воздухопровод; 3 — очиститель загрязненного воздуха; 4 — вентилятор)

разных материалов (обычного, пылевого, антикоррозионного, взрывобезопасного исполнения).

При выборе вентиляторов нужно знать необходимую производительность, создаваемое давление и, в отдельных случаях, конструктивное исполнение. Полное давление, которое создает вентилятор, расходуется на преодоление сопротивлений во всасывающем и нагнетательном воздухопроводах при перемещении воздуха.

Приточная система вентиляции (рис. 3, а). Внешний воздух всасывается вентилятором через фильтр для очистки от пыли, калорифер для подогрева воздуха или через кондиционер и подается в помещение, где создается избыточное давление. Загрязненный воздух неочищенный выходит наружу через двери, окна, фонари и щели или другие помещения. Приточные системы применяют для вентиляции помещений, в которых не допускается попадание загрязненного воздуха снаружи или из смежных помещений. Приточные системы вентиляции также компенсируют воздух, который удаляется местными отсосами и расходуется на технологические нужды: огневые процессы, компрессорные установки, пневмотранспорт и др.

Обычно при промышленном монтаже вентиляционного оборудования пылеочистительный фильтр, калорифер, вентилятор и распределительную систему воздухопроводов размещают в отдельном помещении — вентиляционной камере, которая строится из огнеупорных материалов (бетон, кирпич, металл).

В вытяжной системе вентиляции (рис. 4, б) вентилятор удаляет загрязненный воздух через сеть воздухопроводов, который перед выбросом в атмосферу очищается. При этом в помещении создается по-

ниженное давление, вследствие чего воздух подсасывается через окна, двери, неплотности конструкции или из смежных помещений. Вытяжные системы целесообразно применять:

- когда вредные выделения данного помещения не должны распространяться на другие помещения;
- для помещений с кратковременным пребыванием людей и при небольших количествах вытяжного воздуха.

Приточно-вытяжная система вентиляции состоит из двух отдельных систем — приточной и вытяжной, которые одновременно подают в помещение чистый воздух и удаляют из него загрязненный. Приточно-вытяжные системы являются наиболее распространенными в промышленности, так как они более полно удовлетворяют условиям создания нормированных параметров воздуха в рабочей зоне производственных помещений.

Объем приточного воздуха в помещение должен соответствовать объему удаленного. Разность между этими объемами не должна превышать 10–15%. Для исключения утечки из помещений с повышенным уровнем загрязнения объем удаляемого воздуха должен превышать объем приточного воздуха. В таком помещении создается незначительное снижение давления в сравнении с давлением внешней среды или в сопредельных помещениях, куда не должны проникать вредные вещества. Возможна организация воздухообмена, когда объем приточного воздуха больше объема удаляемого воздуха. При этом в помещении создается избыточное давление по сравнению с атмосферным, что исключает проникание загрязняющих веществ в данное помещение.

При организации воздухообмена свежий воздух необходимо подавать в те части помещения, где концентрация вредных веществ минимальная, а удалять из наиболее загрязненных зон.

Иногда для уменьшения затрат теплоты в холодный период года или сохранения низкой температуры при кондиционировании воздуха в теплый период года применяют системы с рециркуляцией отработанного воздуха (к внешнему воздуху подмешивается часть вытяжного воздуха).

Возможно устройство также **смешанной системы** при одновременном действии механической и естественной вентиляции.

Положительным качеством механической вентиляции являются возможность обработки приточного и удаляемого воздуха (очистка, подогрев, увлажнение и т. п.), а также подачи и удаления воздуха из любого места в помещении при регулировании его расхода (воздухообмене). Недостатки этой системы вентиляции — высокая энергоемкость, металлоемкость и значительные эксплуатационные затраты.

Сварочные источники питания на рынке Украины

Выставка «Сварка. Родственные технологии–2007»

В. В. Андреев, В. А. Корицкий, кандидаты техн. наук, Институт электросварки им. Е. О. Патона (Киев)

16–19 апреля 2007 г. в Киеве (ВЦ «КиевЭкспоПлаза») состоялась выставка «Сварка. Родственные технологии–2007» в рамках выставочного форума «Промышленные выставки Патон Экспо».

На выставке достаточно широко было представлено различное сварочное оборудование, производимое как предприятиями Украины, так и зарубежными фирмами. Среди экспонатов источники питания, ав-

ЭСАБ, КЕМПИИ, ООО «Фрониус Украина», «Бинцель» экспонировали образцы оборудования и аксессуары для сварки плавящимся и неплавящимся электродами. Среди организаций, занимающихся реализацией сварочного оборудования и принадлежностей на рынке Украины, следует отметить ООО «Экотехнология», Российско-Украинское сварочное общество РУСО, торгово-промышленное предприятие «Маверик».

Большое внимание, судя по номенклатуре рекламируемых изделий, уделяется развитию компактного сварочного оборудования, в том числе и источников питания, которым посвящен настоящий обзор. Все представленные на выставке источники питания условно можно разбить на несколько групп: трансформаторы, выпрямители традиционные, установки для аргонодуговой сварки, выпрямители на основе инверторов.

Наиболее крупные производители источников питания ОАО «Фирма СЭЛМА» (Симферополь) и Каховский завод электросварочного оборудования, имеющие международные сер-

тификаты соответствия ISO 9001, представили обновленную по сравнению с прошлогодней выставкой экспозицию, включающую все виды источников питания переменного и постоянного тока. Среди новинок «Фирмы СЭЛМА» отметим мультисистемный выпрямитель ВДУ–511 для сварки плавящимся и неплавящимся электродами, универсальный сварочный конвертор КСУ–500 и выпрямитель ВД–320 КС на базе чопперов для сварки МИГ/МАГ и покрытыми электродами, источник питания переменного тока прямоугольной формы ТДФЖ–1250 для автоматической сварки под флюсом,



томаты и полуавтоматы для дуговой сварки, установки для аргоно-дуговой сварки и воздушно-плазменной резки, машины для контактной точечной, стыковой и шовной сварки, а также всевозможные сварочные аксессуары. Среди наиболее крупных украинских производителей сварочного оборудования в выставке принимали участие КЗЭСО, ОАО «Фирма СЭЛМА», ОЗСО ИЭС им. Е. О. Патона, СИМЗ, Коммунар. Россию представляли ООО НПП «Плазма» (Ростов-на-Дону) и Государственный Рязанский приборный завод (ГРПЗ). Представительства зарубежных фирм в Украине



установку УДГУ–200 для ТИГ-сварки и сварки покрытыми электродами на переменном и постоянном токе, инверторный выпрямитель ВД–162. КЗЭСО представил сварочные трансформаторы с механическим регулированием на 250, 315 и 500 А, а также гамму универсальных выпрямителей типа ВДУ на 300, 500, 1250 А и выпрямители от 300 до 600 А для комплектации полуавтоматов.



Опытный завод сварочного оборудования ИЭС им. Е. О. Патона продемонстрировал новые образцы источников питания: это трансформаторы серии СТШ на 315 и 400 А, укомплектованные стабилизаторами горения дуги, универсальные по роду тока источники типа ВД–255СГД, ВД–400СГД и выпрямители на базе инверторов ВДИ–160М и ВДИ–200М.

Симферопольский моторный завод (СИМЗ) наряду с традиционными сварочными выпрямителями представил новое поколение аппаратов инверторного типа. Выпрямители ВДЧ–141, ВДЧ–201 и установки УДЧ–201 снабжены инверторами с частотой преобразования до 60 кГц. Они могут стабильно работать при колебаниях напряжения сети от 160 до 260В, выдерживая возможные частотные колебания и нелинейные искажения. В оборудовании использованы дизайнерские разработки, схемотехнические решения и элементная база лучших европейских и североамериканских производителей в области инверторных технологий за последние два года.

Рязанский приборный завод (ГРПЗ) показал на выставке серию инверторных сварочных аппаратов «Форсаж» на силу тока от 125 до 500А, которые, как следует из технической информации ГРПЗ, обеспечивают сварку постоянным током в любом пространственном положении при минимальном раз-

брызгивании металла и высокой стабильности процесса независимо от колебаний напряжения в сети.

НПП «Плазма» (Ростов-на-Дону) выпускает и реализует облегченные (за счет низкой величины ПН) трансформаторы на силу тока от 160 до 500 А. Кроме трансформаторов НПП производит три модификации выпрямителей типа ВД на 300 А с механическим и электронным регулированием для сварки покрытыми электродами и выпрямитель типа ВДУ на 500 А для ручной и МИГ – сварки.

Концерн «ЭСАБ» демонстрировал новую модульную систему «Aristo», предоставляющую пользователю большие возможности в выборе необходимых функций в зависимости от вида сварочного процесса. Перед сваркой оператор выбирает одну из трех серий панелей управления либо универсальный блок управления. В памяти блока может храниться до 99 сварочных параметров, которые можно вызвать в любое время. Синергетические программы сварочных процессов составлены для широкого диапазона мате-

риалов от низколегированных сталей до современных сплавов на основе никеля. Панели и блок управления оборудованы дисплеями, отображающими всю необходимую информацию. Система обеспечивает все виды сварки плавящимся электродом, включая



импульсно-дуговую, а также ТИГ-сварку на постоянном токе.

Экспозиция ООО «Фрониус Украина» была насыщена современным сварочным оборудованием, включающим традиционные выпрямители с дискретным и плавным регулированием для сварки МИГ/МАГ и импульсно-дуговой сварки и управля-

Таблица 1. Техническая характеристика сварочных трансформаторов

Тип	Напряжение питания, В	Напряжение холостого хода, В	Диапазон регулирования силы сварочного тока, А	Потребляемая мощность, кВт	ПН, %	Масса, кг	Предприятие-изготовитель
ТДМ-250	1×220,2×380	75	58–250	18	10	50	СЭЛМА
СТШ-250 СГД	1×220,2×380	65	70–260	16,3	20	49	ОЗСО
КИ-009-315	2×380	62	90–315	19,5	60	120	КЗЭСО
СТШ-315 СГД	2×380	55	90–315	17,5	40	80	ОЗСО
СТШ-401 СГД	2×380	53	25–400	22	60	110	ОЗСО
ТДМ-505	2×380	–	100–530	–	60	180	СЭЛМА

Таблица 2. Техническая характеристика сварочных выпрямителей

Тип	Напряжение питания, В	Напряжение холостого хода, В	Диапазон регулирования силы сварочного тока, А	Потребляемая мощность, кВт	ПН, %	Масса, кг	Предприятие-изготовитель
ВД-320КС	3×380	95	30–320	15	60	70	СЭЛМА
ВДУ-511	3×380	55	30–400 ТИГ, ММА, 50–500 МИГ/МАГ	29	60	240	СЭЛМА
ВД-310	3×380	65	45–325	22	60	220	ОЗСО
ВС-650СР	3×380	18–58	50–650 МИГ/МАГ	42	80	230	ОЗСО
ВД-306Т	3×380	70	40–315	18	100	150	СИМЗ
ВД-506Т	3×380	70	80–500	35	100	260	СИМЗ

Таблица 3. Инверторные источники питания (выпрямители)

Тип	Напряжение питания, В	Напряжение холостого хода, В	Пределы регулирования силы сварочного тока, А	Потребляемая мощность, кВт	ПН, %	Масса, кг	Предприятие-производитель
ВД-162	1×220	—	5–160	5,3	60	8	СЭЛМА
ВДИ-160М	1×220	98	7–160 ТИГ, ММА	5,9	70	8,5	ОЗСО
ВДИ-200М	1×220	98	10–200 ТИГ, ММА	7,4	70	10,2	ОЗСО
ВДЧ-161	1×220	70	5–160 ТИГ, ММА	6,3	35	8	СИМЗ
ВДЧ-201М	1×220	85	5–200 ТИГ, ММА	6,6	60	10	СИМЗ

емые источники питания на основе инверторных преобразователей с рабочей частотой до 100 кГц для сварки плавящимся и неплавящимся электродом. Выпрямители для сварки МИГ/МАГ укомплектованы подающими механизмами на номинальную силу тока от 140 до 500 А. Из шести моделей выпрямителей четыре обеспечивают сварку как плавящимся,



так и неплавящимся электродом. Обращает на себя внимание современный комплекс для роботизированной сварки MW 3000. Комплекс предназначен для сварки ТИГ переменным и постоянным током конструкционных сталей, в том числе аустенитного класса, а также алюминиево-магниевых,

медных сплавов и сплавов на основе никеля в автомобильной, авиакосмической и других отраслях промышленности.

В таблицах приведены основные технические характеристики некоторых из представленных на выставке отечественных сварочных источников питания.

Как показала выставка, на рынке Украины имеется достаточ-

но широкий ассортимент различных по конструктивному и схемному исполнению сварочных источников питания. Практически все они обеспечивают плавное регулирование силы тока в широком диапазоне и обладают достаточно высокими эксплуатационными и технологическими характеристиками. ● #797

VI МЕЖДУНАРОДНЫЙ ПРОМЫШЛЕННЫЙ ФОРУМ – 2007

МЕЖДУНАРОДНЫЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ ВЫСТАВКИ И КОНФЕРЕНЦИИ

**МЕТАЛЛО-
ОБРАБОТКА**
МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩИЕ
ТЕХНОЛОГИИ, ОБОРУДОВАНИЕ

**УКРПЛАСТ
ТІСІХ**
ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ
ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА
И ПЕРЕРАБОТКИ ПЛАСТИКА

**ГИДРАВЛИКА
ПНЕВМАТИКА**

**УКРПРОМ
АВТОМАТИЗАЦІЯ**
ПРОМЫШЛЕННАЯ АВТОМАТИЗАЦИЯ

**ОБРАЗЦЫ, СТАНДАРТЫ,
ЭТАЛОНЫ, ПРИБОРЫ**
КОНТРОЛЬНЫЕ ИЗВЕРЖАТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ,
ЛАБОРАТОРНО-ИСПЫТАТЕЛЬНЫЕ
ОБОРУДОВАНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ, СЕРТИФИКАЦИЯ

**БЕЗОПАСНОСТЬ
ПРОИЗВОДСТВА**
СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ, БЕЗОПАСНОСТЬ
РАБОТЫ НА РАБОЧЕМ МЕСТЕ

**УКРМАШ
ТІСІХ**
ПРОМЫШЛЕННЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ, ОБОРУДОВАНИЕ

**УКРВТОР
ТІСІХ**
ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ
ОБОРУДОВАНИЯ

ПОДШИПНИКИ

УКРСВАРКА
ТЕХНОЛОГИИ, ОБОРУДОВАНИЕ
КОНТАКТИ

**ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНОЕ
СКЛАДСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ**

СУБЪКОНТРАКТЫ
НА НЕФТЯНО-ГАЗОВОЙ КОМПЛЕКС

Генеральные
информационные партнеры:



Технический партнер:



ОРГАНИЗАТОРЫ:

Министерство промышленной политики Украины
ООО "Международный выставочный центр"
Украинская Национальная Компания
"Укрстанкоинструмент"

**27-30
НОЯБРЯ 2007 г.**



☎ (044) 201-11-65, 201-11-56, 201-11-58
e-mail: lilia@iec-expo.com.ua
www.tech-expo.com.ua

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

Информационная поддержка:

