4 (56) 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

информационно-технический журнал

Сварщик®

Технологии
Производство
Сервис

4–2007

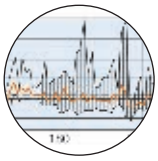
СОДЕРЖАНИЕ

Новости техники и технологий 3

Производственный опыт

Плазменно-порошковая наплавка деталей запорной арматуры различного назначения. *Е. Ф. Переплетчиков, И. А. Рябцев* 6

Новая серия сварочных конверторов КСУ–320, КСУ–400, КСУ–500 для ручной дуговой, механизированной и аргонодуговой сварки. *М. В. Карасев, Д. Н. Работинский, Г. В. Павленко, В. Л. Сорока, С. Л. Базарненко, А. Е. Беляев* . . 12



Современные методы термообработки сварных соединений магистральных нефтегазопроводов. *П. М. Корольков* 16

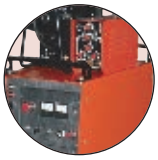
Наши консультации 21

Технологии и оборудование

Расширение технологических возможностей выпрямителя ВД–506ДК для дуговой сварки в защитных газах. *Г. В. Павленко, В. А. Сорока, Н. М. Воропай, В. М. Илюшенко* 24

Влияние скандия на физико-механические свойства жаро- и износостойких газотермических покрытий. *Е. К. Фень*. 28

Повышение износостойкости деталей автогрейдеров, изготовленных из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом. *Е. Н. Крысов, Д. Б. Глушкова, В. И. Мощенок* 30



Зарубежные коллеги

Журнал ZVARAC 33

Дискуссия

Актуальные проблемы электронно-лучевой сварки и смежных процессов в промышленности 34

Охрана труда

Промышленная вентиляция. Часть 2. *О. Г. Левченко* 42

Автоматический контроль сетей электропитания технических средств для повышения уровня безопасности труда. *В. А. Глыва, В. И. Клапченко, И. Н. Ковтун, Е. Ю. Коростелева, В. А. Кузьминых* 44

Сертификация и качество

Производители сварочных материалов, имеющие сертификат соответствия в системе УкрСЕПРО, выданный НТЦ «СЕПРОЗ» (по состоянию на 01.07.2007). *Н. А. Проценко* 46

Из истории металлов

«Серебро» из глины 49

Конференции и семинары

Технологии ремонта, восстановления и упрочнения деталей машин, механизмов, оборудования, инструмента и технологической оснастки. 9-я Международная практическая конференция 53

ЗМІСТ

Новини техніки і технологій 3

Виробничий досвід

- Плазмово-порошкове наплавлення деталей запірної арматури різного призначення. *Є. Ф. Перепльотчиков, І. О. Рябцев* 6
- Нова серія зварювальних конверторів КСУ–320, КСУ–400, КСУ–500 для ручного дугового, механізованого й аргонодугового зварювання. *М. В. Карасьов, Д. Н. Работиньский, Г. В. Павленко, В. Л. Сорока, С. Л. Базарненко, А. Е. Бєляєв* 12
- Сучасні методи термообробки зварних з'єднань магістральних нафтогазопроводів. *П. М. Корольков* 16

Наші консультації 21

Технології й устаткування

- Розширення технологічних можливостей випрямляча ВД–506ДК для дугового зварювання в захисних газах. *Г. В. Павленко, В. А. Сорока, Н. М. Воропай, В. М. Иллюшенко* 24
- Вплив скандію на фізико-механічні властивості жаро- і зносостійких газотермических покриттів. *Є. К. Фень* 28
- Підвищення зносостійкості деталей автогрейдерів, виготовлених з високоміцного чавуну з кулястим графітом. *Є. Н. Крисов, Д. Б. Глушкова, В. І. Мощенок* 30

Зарубіжні колеги

- Журнал ZVARAC 33

Дискусія

- Актуальні проблеми електронно-променевого зварювання й суміжних процесів у промисловості 34

Охорона праці

- Промислова вентиляція. Частина 2. *О. Г. Левченко* 42
- Автоматичний контроль мереж електроживлення технічних засобів для підвищення рівня безпеки праці. *В. А. Глива, В. И. Клапченко, І. Н. Ковтун, Є. Ю. Коростельова, В. А. Кузьміних* 44

Сертифікація і якість

- Виробники зварювальних матеріалів, що мають сертифікат відповідності в системі УкрСЕПРО, виданий НТЦ «СЕПРОЗ» (за станом на 01.07.2007). *Н. О. Проценко* 46

З історії металів

- «Срібло» із глини 49

Конференції й семінари

- Технології ремонту, відновлення й зміцнення деталей машин, механізмів, устаткування, інструмента й технологічного оснащення. 9-а Міжнародна практична конференція 51

CONTENT

News of technique and technologies 3

Industrial experience

- Plasma powder cladding of details of the lock fitting of various assignment. *E.F. Perepl'otchikov, I.A.Ryabtsev* 6
- A new series of welding converters КСУ–320, КСУ–400, КСУ–500 for manual arc, mechanized and argon arc welding. *M.V.Karas'ov, D.N.Rabotinskiy, G.V.Pavlenko, V.L.Soroka, S.L.Bazarnenko, A.E. Belyaev* 12
- Modern methods of heat treatment of weld joints main main oil and gas pipelines. *P. M. Korol'kov* 16

Our consultations 21

Technologies and equipment

- Expansion of technological opportunities of the rectifier ВД–506ДК for arc welding in protective gases. *G.V.Pavlenko, V.A.Soroka, N.M.Voropay, V.M.Ilyushenko* 24
- Influence of scandium on physical and mechanical properties heat and wear resistant coatings coverings. *E.K. Fen'* 28
- Increase of wear resistance of motor grader details which are made from high-strength pig-iron with spherical graphite. *E.N. Krysov, D.B.Glushkova, V.I.Moshchenok* 30

The foreign colleagues

- Magazine ZVARAC 33

Discussion

- Urgent problems of electron beam welding and allied processes in industry . . 34

Labor protection

- Industrial ventilation. Part 2. *O.G.Levchenko* 42
- The automatic control of networks of the power supplies of technical means for increase of a level of safety of labor. *V.A.Gliva, V.I.Klapchenko, I.N.Kovtun,E.Yu. Korosteleva, V.A.Kuzminykh* 44

Certification and quality

- The manufacturers of welding materials having the certificate of conformity in system UkrSEPRO given by STC «SEPROZ» (on 01.07.2007). *N.A.Protsenko* 46

From a history of metals

- «Silver» from clay 49

Conferences and seminars

- Technologies of repair, restoration and hardening of details of machines, mechanisms, equipment, tool and technological equipment. 9th International practical conference 49

информационно-технический журнал

Сварщик®

Технологии
Производство
Сервис

4 (56) 2007

Свидетельство о регистрации КВ № 3102 от 09.03.98

Учредители	Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины, Общество с ограниченной ответственностью «Экотехнология»
Издатель	ООО «Экотехнология»
Издание журнала поддерживают	Общество сварщиков Украины, Национальный технический университет Украины «КПИ»
	Журнал издается при содействии UNIDO
Главный редактор	К. А. Ющенко
Зам. главного редактора	Б. 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 реклама	В. Г. Абрамишвили, 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-mail	**welder@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 Андерсонс +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 27.07.2007. Формат 60×84 1/8.
Печать офсетная. Бумага офсетная № 1.
Гарнитура PetersburgC. Усл. печ. л. 5,0. Уч.-изд. л. 5,2.
Зак. № 27/07 от 27.07.2007. Тираж 3000 экз.
Печать: издательство «Аврора Принт», 2007.
02081 Киев, ул. Причальная, 5. Тел./ф. (044) 502-61-31.

© ООО «Экотехнология», 2007

Новая серия оборудования ООО «Фрониус-Украина»

Возрастающие требования украинских потребителей к сварочным технологиям и оборудованию выдвигают новые требования к производителям сварочной техники. Следуя им, ООО «Фрониус Украина» в течение 2006–2007 гг. провело коренное техническое переоснащение производственной базы *(рис. 1)* с внедрением системы управления производством Kanban. Эти шаги дали возможность не только гарантировать качество изготовления продукции на высочайшем уровне, но и сократить сроки ее поставки до 3–5 дней.

Рис. 1. Цех производства оборудования ООО «Фрониус-Украина»

Рис. 2. Новое оборудование для механизированной сварки

Рис. 3. Четырехроликовый механизм подачи проволоки VR 3300

Серийное производство полуавтоматов новой генерации типа «ВариоСинержик» и «ВариоСтар» стало очередным последовательным шагом по представлению на украинском рынке недорогого, высокотехнологичного и простого в обращении оборудования МИГ/МАГ. Взвешенное соотношение цены и технологических возможностей — главное преимущество этой серии.

Новое поколение оборудования для механизированной сварки плавящимся электродом в защитном газе VarioSynergic, сохранив лучшие качества предшественников: надежность и экономичность, обладает улучшенными сварочно-технологическими свойствами и удобно в эксплуатации *(рис. 2)*. Минимальный интервал мощности моделей (250 А — 310 А — 340 А — 400 А — 500 А) позволяет потребителям значительно экономить средства на покупку при выборе необходимой по мощности модели.

В микропроцессорном блоке Synergic запрограммированы параметры режимов для сварки углеродистых и высоколегированных сталей, алюминия и его сплавов сплошной и порошковой проволокой диаметром от 0,8 до 1,6 мм с использованием защитного газа CO_2 или $Ar+CO_2$. Достаточно установить значения толщины свариваемого металла и вида расходного материала на панели управления, и автоматически будут выбраны оптимальные параметры сварки: сила тока, напряжение, скорость подачи проволоки. Это обеспечивает стабильное качество сварных соединений.

Рис. 4. Консоль Human

Четырехроликовый механизм подачи проволоки VR 3300 *(рис. 3, а)* находится в специальном сплошном облегченном корпусе (13 кг) из алюминия и предназначен для использования в самых жестких условиях эксплуатации. Новый корпус с особым дизайном защищает элементы управления механизма подачи от механических повреждений. Внутренняя поверхность корпуса имеет специальную изоляцию, которая предотвращает контакт каркасных металлических катушек с корпусом.

Для сварки в условиях цеха предлагается механизм подачи проволоки VR 3300 открытого типа *(рис. 3, б)*, что позволяет быстро производить замену катушек с проволокой.

Для стабильной подачи трудноподаваемых алюминиевых и хромоникелевых проволок на расстояние более 5 м аппараты комплектуются горелкой PullMig (Тяни/Толкай) со встроенным механизмом подачи проволоки.

Все аппараты типа «ВариоСтар» и «ВариоСинержик» могут комплектоваться поворотным механизмом или консолью Human *(рис. 4)*, которая благодаря пневматической системе позволяет компенсировать массу шлангового держателя и горелки, что облегчает работу сварщику.

При использовании шланговых держателей длиной до 30 м применяют промежуточный механизм подачи проволоки VR 143, а основной механизм подачи устанавливают на тележку Caddie. • **#798**

В. Бондаренко, *ООО «Фрониус-Украина»*

Универсальная машина МКС–21У для подготовки кромок под сварку

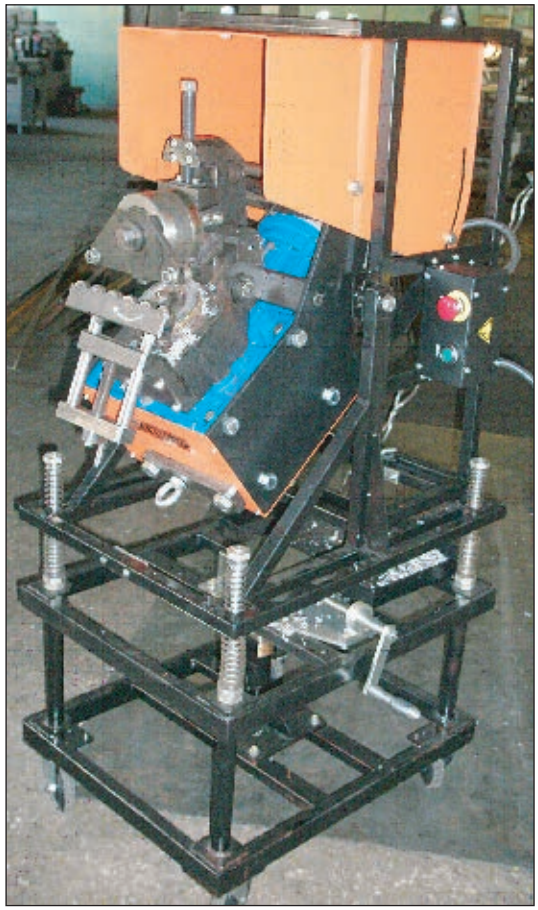
Высокоскоростные кромкоскалывающие машины типа МКС–21У для механической подготовки кромок под сварку сверху и снизу листовых материалов позволяют увеличить производительность труда, упростить технологический процесс сборки и сварки металлоконструкций, а также минимизировать затраты труда при гарантии точного соответствия стандартам получаемой кромки.

При обработке заготовок или конструкций больших размеров кромкоскалывающую машину закрепляют непосредственно на краю заготовки без применения дополнительных приспособлений. Затем оператору достаточно направить машину по кромке в начале обработки и снять ее в конце обработки. Обработка выполняется путем скалывания кромки специальной фрезой. Кромкоскалывающие машины имеют автоматическую подачу за счет вращательного движения фрезы без дополнительных устройств. Заготовки небольшого размера подают вручную. Положение (обработка сверху или снизу) меняется очень быстро путем поворота механизма на 180° вокруг оси вращения и его фиксации.

Кроме упомянутых преимуществ механической подготовки кромок перед термическими способами (газокислородным и плазменным), можно отметить отсутствие изменений физических и химических свойств материалов, высокую мобильность при малой массе и габаритных размерах, экологичность (минимум шума, вибрации, нет выделения пыли и продуктов горения).

Для удобства перемещения вдоль кромки листа машина установлена на тележку с колесами. ● **#799**

ОАО «Электромашиностроительный завод «Фирма СЭЛМА» (Симферополь)



Техническая характеристика:

Напряжение трехфазной питающей сети (50 Гц), В	*380*
Потребляемая мощность при номинальной силе тока, В·А	*≤1400*
Скорость вращения фрезы, об/мин	*9±1*
Скорость скалывания кромки с углом 30°, см/мин	*180±10*
Диапазон регулировки резки углов, ...°	*22,5; 30; 37,5; 45; 55*
Наибольшая ширина кромки, мм, не более	*21*
Наибольшая глубина кромки при угле 30°, мм	*17,3*
Минимальная толщина обрабатываемого листа, мм	*6,3*
Максимальная толщина обрабатываемого листа, мм	*38*
Масса, включая тележку для перемещения, кг	*220*
Габаритные размеры, мм	*685×555×1608*

Установка для прецизионной лазерной сварки и наплавки

Установка предназначена для прецизионной лазерной сварки со сложным контуром сварных швов как на малогабаритных, так и на крупногабаритных деталях и узлах массой до 100 кг.

Возможности широкого диапазона регулирования параметров излучения позволяют производить сварку и наплавку на конструкционные стали, а также на цветные металлы и сплавы.

Отличительной особенностью установки является плавное вертикальное перемещение излучателя по координате Z1 в сочетании с трехкоординатным позиционированием свариваемых деталей — по двум координатам X–Y горизонтальным приводом стола и лифтом стола по координате Z2 в вертикальной плоскости. Подобная компоновка расширяет инструментальную зону обработки и оперативность технологической перестройки под новые изделия.

Техническая характеристика:	LRS100	LRS150	LRS200
Средняя мощность излучения, Вт	100	150	200
Пиковая мощность излучения, кВт	4	6	8
Энергия импульса излучения, Дж	40	60	80
Длительность импульса излучения, мс	0,2–20		
Частота следования импульсов, Гц	0,5–20		
Диапазон перемещения:			
стола по X–Y, мм	100×150		
излучателя по Z1, мм	200		
детали по Z2, мм	300		
Диаметр сфокусированного луча, мм	0,3–2,0		
Стабильность излучения, %	±2		
Размер оперативной зоны, мм	10		
Расход воды для охлаждения, $м^3/ч$	0,3	0,35	0,4
Напряжение питания, В	380 (3 фазы, 50 Гц)		
Габаритные размеры, мм	450×850×1100		
Масса, кг	150	180	180

Наличие в составе установки контрольно-фокусирующей системы со стереоскопическим микроскопом позволяет производить тщательное визуальное позиционирование места сварки в зону обработки и контролировать формирование шва с малыми искажениями объекта наблюдения, что снижает утомляемость оператора.

Тракт наблюдения, в соответствии с медицинскими требованиями, оснащен устройством защиты глаз оператора от вспышки в момент сварки, что обеспечивает полную безопасность технологических операций и снижает фактор усталости при длительной работе на установке. ● **#800**

ОКБ «Булат» (Москва)

Сварочные машины WIDOS для контактно-стыковой сварки полимерных труб и фитингов диаметром до 630 мм

Сварочная машина имеет двойное зажимное устройство на неподвижной и подвижной сторонах для быстрого закрепления труб, которое приводится в движение двумя гидроцилиндрами. Для подключения к гидроагрегату на основном корпусе предусмотрены два гибких шланга с быстросцепляющими муфтами. Зажимные устройства закрепляют болтами на нижней подставке из стальных труб.

Внешний неподвижный зажимной элемент может быть демонтирован для сварки в труднодоступных местах или для приварки фитингов.

Электрический гидроагрегат для приведения в движение правого зажимного устройства и для точного управления давлением сварки оснащен устройством поддержания давления в процессе охлаждения.

Торцевой рубанок, устанавливаемый на направляющих салазках, имеет цепной привод, предохранительный выключатель, рычаг запора.

Нагревательный элемент с электронной регулировкой температуры имеет лампы контроля сетевого напряжения и интервалов нагрева, двухпозиционный выключатель и сетевой штекер с заземляющим контактом. Покрытие — антипригарное. Для теплоизоляции нагревательного элемента и для хранения торцевателя предусмотрен установочный ящик.

Для крепления труб меньшего диаметра возможна поставка специальных уменьшающих вставок различной ширины. Сварочную машину можно поставлять в комплекте с блоком протоколирования WIDOS SPA или с ЧПУ WIDOS CNC. ● **#801**

WIDOS.URAL (Екатеринбург)

Техническая характеристика:	WIDOS 4400	WIDOS 4900	WIDOS 5100	WIDOS 6100
Минимальный диаметр труб, мм	50	90	200	315
Максимальный диаметр труб, мм	160	315	450	630
Напряжение питания, В	220	220	380	380
Потребляемая мощность, кВт	2,8	3,75	5,35	8,9
Масса, кг:				
базовая машина с зажимами	25,0	60,0	109,0	226,0
гидроагрегат	23,0	23,0	23,0	23,0
торцеватель	7,5	24,5	37,0	103,0
нагревательный элемент	3,5	12,6	20,0	36,0
установочный ящик для торцевателя и нагревателя	4,0	10,5	25,0	62,0
ящик для транспортировки	44,0	56,0	130,0	226,0

Плазменно-порошковая наплавка деталей запорной арматуры различного назначения

Е. Ф. Переплетчиков, И. А. Рябцев, кандидаты техн. наук, Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины (Киев)

В энергетическом, нефтехимическом, судовом и общем машиностроении широко применяют наплавку деталей запорной арматуры. В зависимости от назначения и условий эксплуатации деталей арматуры выбирают наплавочные материалы на основе никеля, кобальта и железа. В больших объемах для этих целей использовали ручную и механизированную дуговую наплавку. Возрастающие требования к эксплуатационным характеристикам наплавленного металла, а также к качеству наплавленных деталей и технологиям их изготовления обусловили переход к новым материалам и способам наплавки, в частности, к плазменно-порошковой.

При выборе рационального способа наплавки деталей арматуры необходимо учитывать следующие факторы: дефицит и цену наплавочных сплавов; требования к качеству наплавленного металла; допустимое содержание железа в наплавленном слое (при наплавке кобальтовых и никелевых сплавов); величину проплавления; производительность наплавки и др. С учетом этих обстоятельств определенные преимущества имеют способы наплавки, обеспечивающие минимальное проплавление основного металла и малую толщину наплавленного слоя *(табл. 1)*.

По сравнению с другими способами плазменно-порошковая наплавка позволяет существенно повысить и стабилизировать качество наплавленных деталей, увеличить производительность и улучшить условия труда, сократить расход наплавочных материалов и затраты на механическую обработку наплавленных деталей. Как показывает производственный опыт, брак при плазменно-порошковой наплавке деталей арматуры не превышает 1%, а его появление напрямую связано с нарушениями технологического процесса.

Плазменную наплавку с присадкой гранулированного порошка выполняют, как правило, плазмотроном комбинированного типа *(рис. 1)*. Порошок и наплавляемую деталь нагревают плазменной дугой прямого действия. Косвенная дуга выполняет вспомогательные функции. Присадочный порошок подается газом по гибкой трубке из питателя в плазмотрон и через кольцевую щель между стабилизирующим и фокусирующим соплами вдувается в дугу. В плазмотрон поступает три потока газа (аргона): плазмообразующий, который стабилизирует и сжимает дугу и защищает вольфрамовый электрод от окисления (расход газа 1,5–2,0 л/мин); транспортирующий, который подает присадочный порошок в плазмотрон и вдувает его в дугу (расход газа 4–6 л/мин); защитный (расход газа 8–12 л/мин). Для плазменной наплавки применяют гранулированные металлические порошки преимущественно с

Таблица 1. Технологическая характеристика способов наплавки, применяемых в арматуростроении

Способ наплавки	*Производительность, кг/ч*	*Доля основного металла, %*	*Толщина наплавленного слоя, мм*	*Сплавы для наплавки на основе*		
				Co	*Ni*	*Fe*
Газовая с присадкой прутков	0,5–1,5	1–2	1–4	++	+	–
Газопорошковая	0,5–3	1–2	0,5–3	+	++	–
Аргонодуговая неплавящимся электродом	0,4–3,5	10–30	3–5	++	+	–
Ручная дуговая покрытыми электродами	1–3	20–50	4–6	+	+	++
Дуговая проволокой под флюсом	2,5–10	30–60	3–5	+	–	++
Дуговая плавящимся электродом в защитном газе	1,5–9	30–60	3–5	+	+	+
Дуговая электродной лентой	5–40	10–25	2,5–5	+	–	+
Плазменно-порошковая	0,5–6	5–10	1–6	++	++	+

Примечание. « ++» — применяют широко; «+» — применяют ограниченно; «–» — не применяют.

диаметром частиц 80–200 мкм. Слишком мелкий порошок (менее 80 мкм) плавится внутри плазмотрона, что приводит к забиванию его сопел и нарушению процесса наплавки. Использование порошка более крупных размеров (более 200 мкм) приводит к увеличению его потерь и ухудшению качества наплавленного слоя.

Многолетний опыт промышленного применения плазменно-порошковой наплавки показывает, что этот способ, по сравнению с другими, обеспечивает наиболее высокое качество и однородность наплавленного металла уплотнительных поверхностей деталей запорной арматуры *(рис. 2, а)*. Ручная дуговая наплавка покрытыми электродами дает менее однородный наплавленный металл *(рис. 2, б, в)*. При однослойной дуговой наплавке проволокой под легирующим флюсом твердость практически одинакова по ширине валика, но по периметру детали распределение твердости очень неравномерно *(рис. 2, г)*. Объясняется это разогревом детали в процессе наплавки и увеличением глубины проплавления основного металла, а также наличием участков замыкания шва, где наплавка выполняется, по существу, в два слоя. Кроме того, легирование наплавленного металла через флюс чувствительно к колебаниям режима наплавки, неизбежным в производственных условиях.

Ниже даны примеры промышленного применения плазменно-порошковой наплавки деталей запорной арматуры различного назначения.

Арматура для судостроительной и химической промышленности. Детали арматуры этого типа эксплуатируются в коррозионной среде различной интенсивности и в условиях трения металла по металлу с высокими удельными нагрузками. С учетом таких условий эксплуатации для наплавки деталей обычно используют сплавы на основе кобальта. Комплексные исследования и испытания наплавленных деталей, проведенные в ИЭС им. Е. О. Патона в сотрудничестве с отраслевыми организациями судостроительной промышленности, позволили оптимизировать состав наплавленного металла традиционной для кобальтовых стеллитов системы легирования кобальт-хром-вольфрам-углерод. Установлено, что металл, наплавленный плазменным способом, с концентрацией углерода 1,3–1,7% характеризуется значительно большей стойкостью против образования трещин, чем металл, наплавленный вручную электродами ЦН–2.

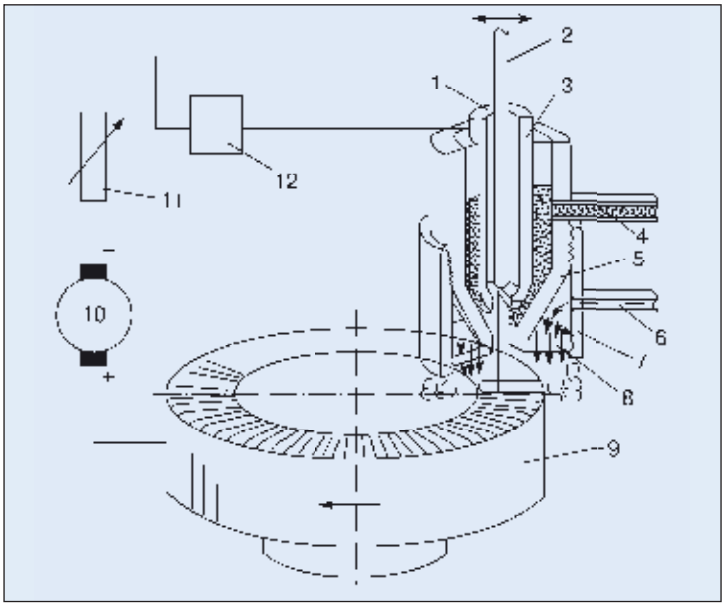


Рис. 1. Схема плазменно-порошковой наплавки: 1 — ввод плазмообразующего газа; 2 — вольфрамовый электрод; 3 — стабилизирующее сопло; 4 — ввод транспортирующего газа с присадочным порошком; 5 — фокусирующее сопло; 6 — ввод защитного газа; 7 — защитное сопло; 8 — газовая линза; 9 — наплавляемая деталь; 10 — источник питания дуги; 11 — резистор; 12 — устройство поджига дуги

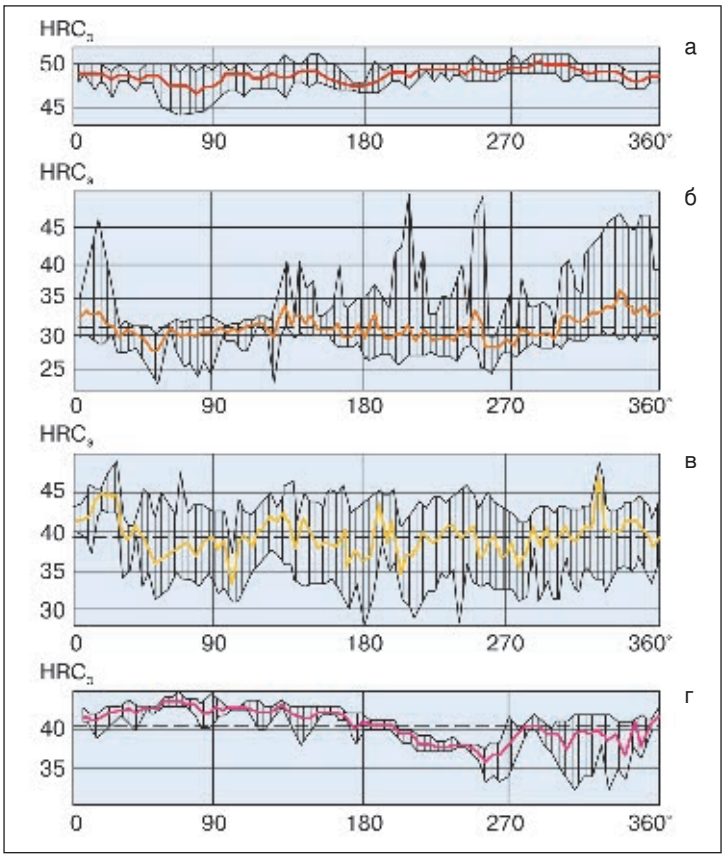


Рис. 2. Распределение твердости наплавленного металла по периметру уплотнительной поверхности тарелок: а — плазменная наплавка порошком Пр–Н77Х16С3Р3; б — ручная дуговая наплавка электродами ЦН–6; в – то же, электродами ЦН–12; г — автоматическая дуговая наплавка проволокой Св–04Х19Н9С2 под флюсом ПКНЛ–17

В зависимости от назначения судовой арматуры в качестве основного металла наплавляемых деталей применяют цветные металлы, в частности бронзу (клинкетные задвижки). При этом основная проблема при наплавке кобальтовых сплавов на медные сплавы заключается в том, что в зоне соединения таких разнородных материалов могут образовываться новые фазы и структурные составляющие, оказывающие существенное влияние на их свойства. Исследования зоны сплавления кобальтового сплава 90Х30К55В5Н7Р и никелевых сплавов НХ15СР2, НХ25С5Р с бронзой Бр АЖНМц 9–4–4–1 показали, что технологические преимущества плазменно-порошковой наплавки обусловливает отсутствие кристаллизационной или диффузионной прослойки. Сварные соединения этих сплавов характеризуют удовлетворительная прочность и хорошая коррозионная стойкость.

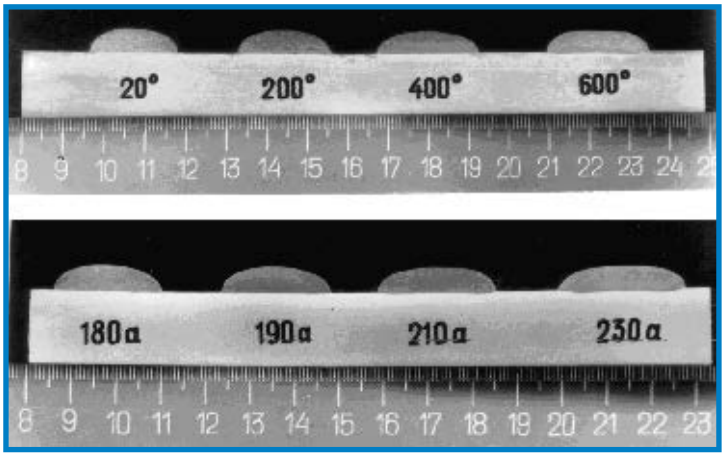


Рис. 3. Макрошлифы валиков, наплавленных порошком кобальтового стеллита (производительность подачи порошка 6 кг/ч) на нержавеющую сталь, при различной температуре подогрева, при силе тока наплавки 190 А (а) и различном значении силы тока при постоянной температуре подогрева 600 °С (б)

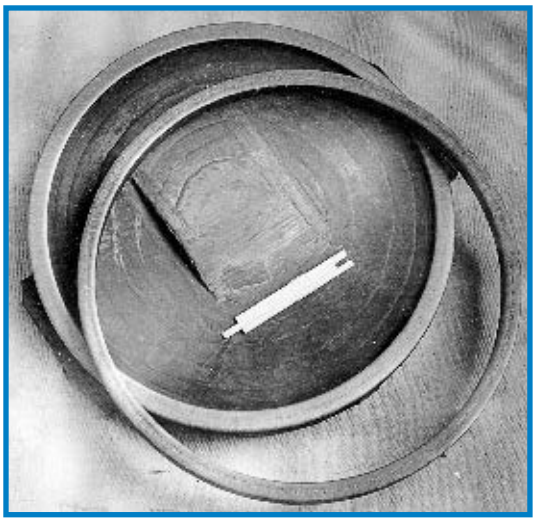


Рис. 4. Седло и плашка задвижки Ду 900 мм, наплавленные плазменным способом порошком ПН–АН34

При наплавке кобальтовых сплавов на стальную основу возможно появление трещин. Основным средством борьбы с трещинами является предварительный и сопутствующий подогревы наплавляемых заготовок. Для повышения трещиностойкости кобальтовых стеллитов в ИЭС им. Е. О. Патона было предложено дополнительно легировать их бором, при введении которого образуется легкоплавкая боридная эвтектика, способная залечивать горячие трещины. Исследования показали, что лучшую стойкость против образования трещин имеют стеллиты, содержащие 0,5–0,9% бора. Легирование бором снижает температуру плавления кобальтовых стеллитов, обеспечивает получение более качественных присадочных порошков и улучшает формирование наплавленного металла. Испытания жаростойкости и коррозионной стойкости не выявили существенной разницы в характере окисления кобальтовых стеллитов с бором и без него. В результате исследований для наплавки уплотнительных поверхностей судовой и химической арматуры разработан порошок ПН–АН34 (ПР–КХ30Н6ВСР) на основе кобальта. Твердость металла, наплавленного этим порошком, составляет 44–48 $HRC_э$.

Однако полностью отказаться от предварительного подогрева при наплавке кобальтовых сплавов не удается. Следует заметить, что при предварительном подогреве увеличивается проплавление основного металла, что нежелательно *(рис. 3, а)*. Однако за счет выбора оптимального соотношения между подачей порошка и силой тока дуги удается обеспечить минимальное проплавление основного металла даже при предварительном подогреве до 600 °С *(рис. 3, б)*. Наряду с малым угаром легирующих элементов при плазменно-порошковой наплавке это позволяет получать металл требуемого состава уже в первом наплавленном слое.

Примером может служить восстановление плазменной наплавкой порошком ПН–АН34 изношенных деталей крупных задвижек *(рис. 4)*, регулирующих потоки среды с высокими коррозионными свойствами и температурой до 630 °С и срабатывающих на открытие-закрытие 24 тыс. раз в год. Опыт эксплуатации восстановленных задвижек показал их высокую работоспособность: темп износа задвижек, наплавленных порошком ПН–АН34, на 20–30% ниже, чем у новых деталей, наплавляемых сплавом стеллит 6.

Существенную долю арматуры в судовом машиностроении наплавляют сплавами

на основе меди. Использование в этом случае плазменно-порошковой наплавки на обратной полярности взамен ручной аргонодуговой позволяет за счет более низкого тепловложения в основной металл получить наплавленный металл с минимальным содержанием железа и высокими механическими свойствами биметаллического соединения. Установлено, что применение плазменной наплавки деталей арматуры порошком ПР–БрАЖНМц 8,5–4–5–1,5 взамен аргонодуговой наплавки бронзы БрАМц 9–2 позволило в 3–8 раз повысить производительность труда и в 2 раза сократить расход присадочного металла.

Энергетическая арматура. Широкое применение получила плазменно-порошковая наплавка энергетической арматуры для пара с температурой до 570 °С, давлением до 26 МПа и воды с температурой 280 °С, давлением 38 МПа.

На уплотнительные поверхности деталей такой арматуры преимущественно наплавляют сплавы на основе никеля с бором и кремнием с твердостью 45–50 $HRC_э$. Наплавленный металл этого типа хорошо сопротивляется изнашиванию при сухом трении металла по металлу, сохраняет высокую твердость до температуры 600 °С, стоек против коррозии во многих агрессивных средах. К числу других преимуществ Ni–Cr–Si–B-сплавов относят довольно низкую температуру плавления (1050–1150°С), умеренную стоимость по сравнению со стоимостью Co–Cr–W–C-сплавами, а также возможность значительного снижения температуры подогрева при наплавке.

Однако, как показывает опыт, при наплавке Ni–Cr–Si–B-сплавов на низкоуглеродистые или низколегированные стали возникают определенные трудности. Кроме того, большинство деталей энергетической арматуры работают при повышенных температурах, поэтому следует считаться с возможностью изменения свойств металла этого типа в зоне сплавления вследствие взаимной диффузии легирующих элементов наплавленного и основного металлов.

Таблица 2. Прочность на отрыв металла НХ15СР2, наплавленного на сталь 20, в зависимости от режима отпуска

Режим отпуска		*Прочность на отрыв, МПа*
Температура, °С	*Выдержка, ч*	
600	3	410±40
	12	360±40
	24	205±30
650	3	340±40
730	3	250±30
	24	155±30

Было установлено, что в результате отпуска наплавленных образцов резко снижается их прочность на отрыв *(табл. 2)*. По зоне сплавления происходит не только расслоение образцов при ударных нагрузках, но и их разрушение при статических испытаниях на отрыв наплавленного металла.

Повысить прочность соединения наплавленного металла НХ15СР2 со сталью 20 можно за счет снижения температуры отпуска по сравнению с температурой, указанной в общеизвестных рекомендациях по термической обработке этой стали. При этом, как показывает опыт, снижение температуры отпуска не приводит к снижению работоспособности изделия.

На основании этих данных была разработана промышленная технология плазменно-порошковой наплавки Ni–Cr–Si–B–C-

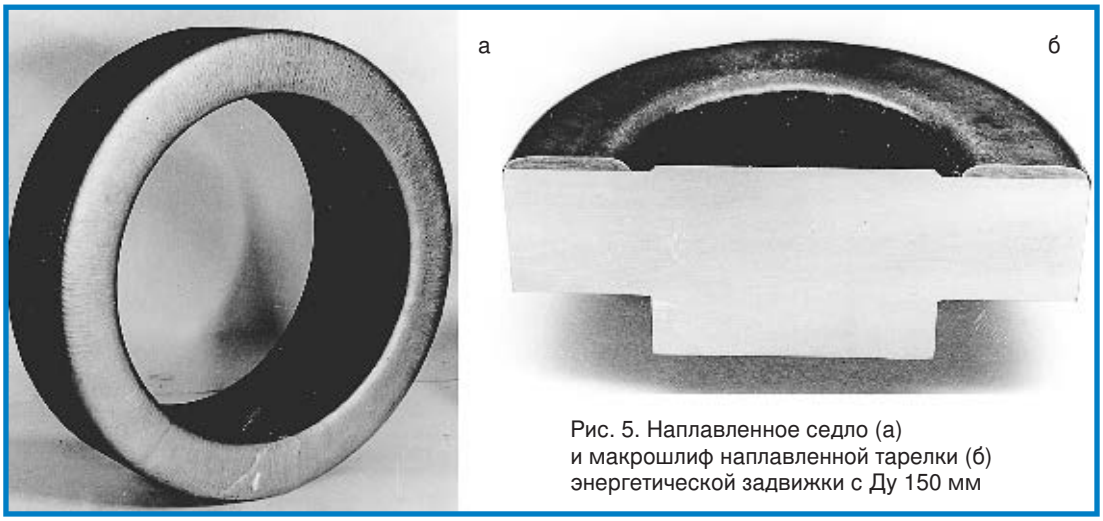


Рис. 5. Наплавленное седло (а) и макрошлиф наплавленной тарелки (б) энергетической задвижки с Ду 150 мм

сплавов на детали запорной арматуры из низкоуглеродистых и низколегированных сталей. Плазменно-порошковая наплавка деталей запорной арматуры различного назначения организована ИЭС им. Е. О. Патона на специализированных предприятиях в России и Чехии. Ежегодно наплавляют десятки тысяч штук седел и тарелок задвижек с Ду 100–400 мм *(рис. 5)*. Хорошее формирование валиков при плазменной наплавке сокращает трудоемкость механической обработки за счет уменьшения припусков. Толщина наплавленного слоя обычно составляет 3,8–4,2 мм, а после механической обработки — 3±0,5 мм. При ручной дуговой наплавке эти толщины равны соответственно 12–15 и 9–10 мм, при автоматической наплавке под флюсом — 10–12 и 7–9 мм.

Доказано, что надежность деталей энергетической арматуры, наплавленной плазменно-порошковым методом выше, чем наплавленной вручную электродами ЦН–6, ЦН–12 и ЦН–2 (Сплав на основе кобальта/ И. И. Фрумин, П. В. Гладкий, Е. Ф. Переплетчиков и др. // А.с. СССР №722331. С22С 19/07. Заявлено 30.05.78 г.). При плазменно-порошковой наплавке средняя наработка до отказа (до появления трещин на уплотнительных поверхностях) составляет для тарелок 46,7 тыс. ч, для седел — 210,0 тыс. ч. Для деталей арматуры, наплавленных электродами ЦН–2 и ЦН–12, средняя наработка до отказа составляет 4,08–20,40 тыс.ч.

Нефтегазовая арматура. На ряде предприятий Украины и России ИЭС им. Е. О. Патона организовал производство наплавленных деталей запорной арматуры для нефтяных и газовых скважин. Детали затвора прямоточных шиберных задвижек подвергаются воздействию коррозионных сред с содержанием сероводорода и углекислого газа до 25% при давлении до 70 МПа и температуре среды от минус 60 до плюс 43 °С.

Длительную и надежную работу наплавленных деталей запорной арматуры обеспечивают особая конструкция фонтанной арматуры и применение для наплавки седел и шиберов сплавов на никелевой основе с высокими твердостью и коррозионной стойкостью *(рис. 6)*. Плазменная наплавка оказалась эффективной как при изготовлении новых, так и при восстановлении изношенных шиберов и седел. Гарантируется безотказная работа наплавленных деталей запорной арматуры в течение не менее 10 лет.

Износостойкая арматура. Важной составляющей оборудования терминальных систем и линейной части трубопроводов для гидротранспорта грузов на предприятиях горнорудной (добыча и переработка руд черных и цветных металлов), угольной (обогатительные фабрики, гидродобыча), цементной и других отраслей промышленности является арматура. Общепромышленная арматура в этих условиях имеет катастрофически низкий ресурс работы. Значительно повысить ресурс шиберной и клиновой арматуры с Ду 100–400 мм, работающей при гидротранспортировке угля (давление от 1 до 16 МПа), позволила плазменно-порошковая наплавка. Наплавляют уплотнительные поверхности седел и шибе-

Рис. 6. Седла и шиберы фонтанных задвижек Ду 50, наплавленные плазменно-порошковым методом

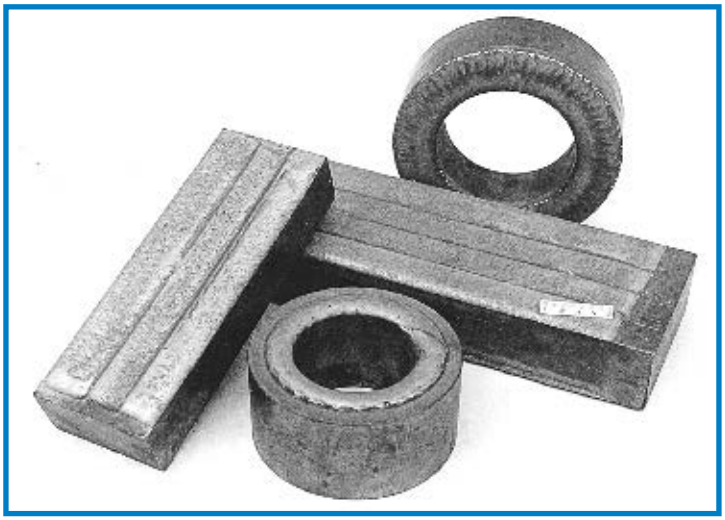


Рис. 7. Внешний вид деталей задвижек для гидротранспортировки угля, наплавленных плазменно-порошковым методом: а — детали затвора; б — штоки

ров, поверхность проходного отверстия седел, нижнюю торцевую поверхность шиберов и штоки *(рис. 7)*.

Для уменьшения гидроабразивного, коррозионного и кавитационного изнашивания, характерного для деталей арматуры гидротранспорта, ИЭС им. Е. О. Патона предложил высокохромистый сплав на основе железа 250Х30С2ГР (порошок ПГ–АН1). Важнейшими компонентами сплава являются углерод, хром и бор, образующие твердые карбиды и бориды, которые обусловливают высокую стойкость против абразивного изнашивания. Вместе с тем этому сплаву присуща высокая склонность к образованию трещин, что вызывает необходимость применения предварительного и сопутствующего подогревов и замедленного охлаждения изделия после наплавки. Наплавленный металл имеет твердость 60–62 $HRC_э$, и его механически либо не обрабатывают (внутренняя поверхность седел), либо обработку производят только шлифованием.

Создание оригинальных конструкций износостойкой арматуры обусловило высокие эксплуатационные характеристики затворов с плазменно-порошковой наплавкой: ее ресурс оказался в 5–10 раз выше, чем у арматуры общепромышленного назначения.

Для механизированной плазменной наплавки деталей арматуры различного назначения в ИЭС им. Е. О. Патона разработано несколько типов установок. Универсальная установка ОБ 2184 *(рис. 8)* предназначена для наплавки цилиндрических поверхностей диаметром до 400 мм и длиной до 800 мм, а также деталей плоской формы с размерами 800×500×400 мм. Возможна наплавка конических и фасонных деталей. В комплект установки входит аппарат А1756, который можно использовать автономно. Его легко монтировать на консоль, что позволяет создать установку для наплавки деталей арматуры с Ду 1000 мм и более.

Специализированная автоматическая установка УП–142 *(рис. 9)* предназначена для серийной или массовой наплавки деталей типа дисков диаметром до 200 мм и высотой до 150 мм. Установка имеет микропроцессорное управление, необходимое для обеспечения автоматического цикла наплавки, и рабочую камеру, надежно защищающую оператора от светового и теплового излучения дуги, газа и пыли. Установка снабжена механизмом для автоматической выгрузки заготовок после наплавки в накопительный бункер. Ее легко встраивать в линию с автоматической загрузкой и выгрузкой деталей при массовом производстве. Электрическая схема управления установкой предусматривает возможность наплавки в один или два слоя.

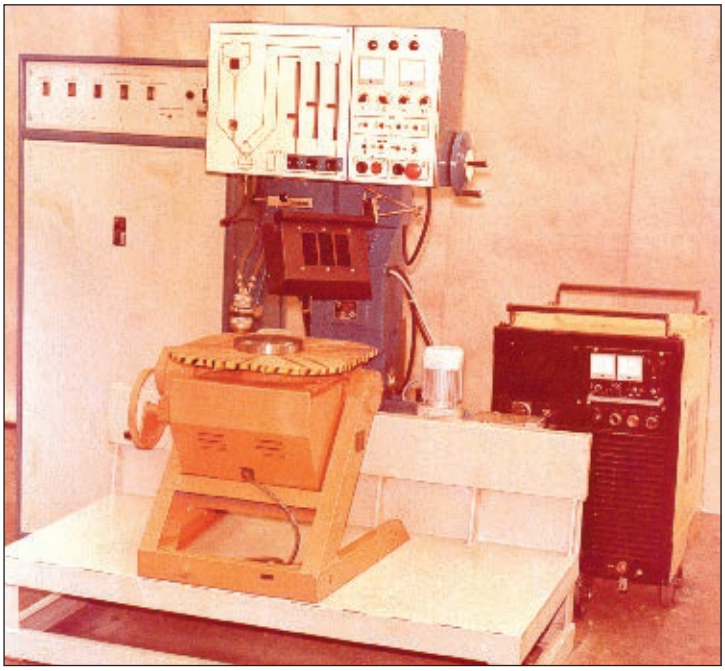


Рис. 8. Универсальная установка ОБ 2184 для плазменно-порошковой наплавки

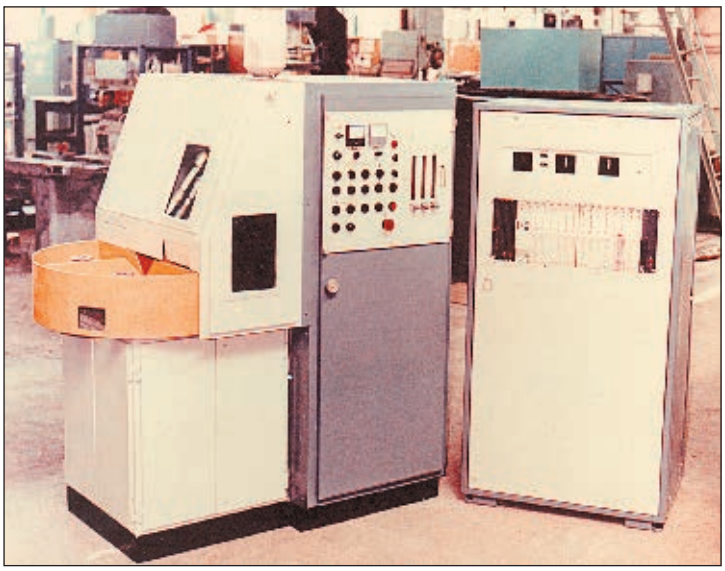


Рис. 9. Автоматическая установка УП–142 для наплавки деталей арматуры

Применение плазменно-порошковой наплавки в серийном производстве деталей энергетической, нефтехимической и судовой арматуры позволило в 2–3 раза повысить производительность труда, коренным образом улучшить качество наплавленного металла и значительно увеличить работоспособность наплавленных деталей. ● **#802**

Новая серия сварочных конверторов КСУ–320, КСУ–400, КСУ–500 для ручной дуговой, механизированной и аргонодуговой сварки

М. В. Карасев, Д. Н. Работинский, ЗАО НПФ «ИТС» (С.-Петербург), **Г. В. Павленко, В. Л. Сорока, С. Л. Базарненко,** ОАО «СЭЛМА» (Симферополь), **А. Е. Беляев,** ПО «Севмаш» (Северодвинск)

По мере внедрения в производство сварочных инверторов стали проявляться их недостатки, главные из которых — их низкие надежность и ремонтопригодность по сравнению с тиристорными сварочными выпрямителями.

К факторам снижения надежности необходимо отнести следующее:

- Многостадийность преобразования — ток промышленной частоты 50 Гц, выпрямляется, фильтруется, затем преобразуется в ток высокой частоты (20–150 кГц), после чего поступает на высокочастотный сварочный трансформатор. Затем ток вторичной обмотки высокочастотного трансформатора в очередной раз выпрямляется и представляет собой, собственно, ток сварочной дуги.

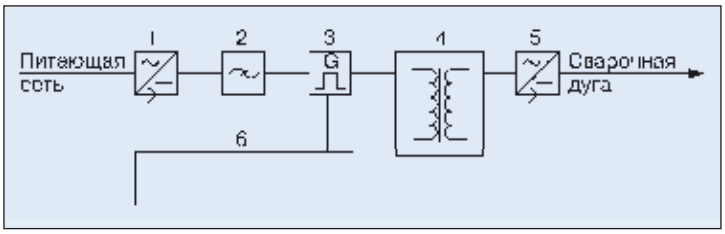


Рис. 1. Структурная схема сварочного инвертора: 1 — сетевой выпрямитель; 2 — сетевой фильтр; 3 — преобразователь частоты; 4 — сварочный трансформатор; 5 — силовой выпрямитель; 6 — система управления

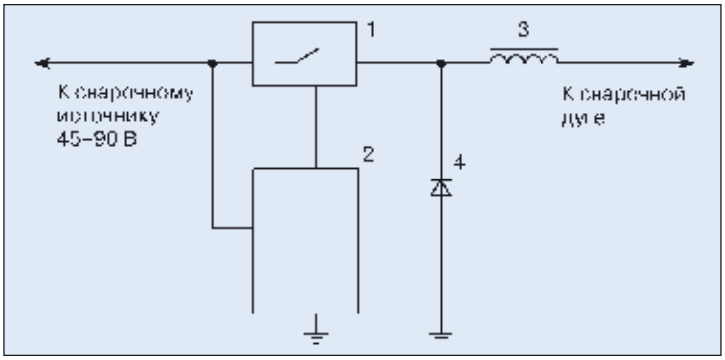


Рис. 2. Структурная схема сварочного регулятора тока — конвертора: 1 — ключевой элемент; 2 — система ШИМ управления; 3 — дроссель; 4 — обратный диод

- Каждый узел преобразования и элемент в узле *(рис. 1)* имеет конечное значение конструктивной надежности, поэтому общая надежность стандартного инверторного сварочного источника ниже, чем тиристорного выпрямителя.
- После фильтрации сетевого напряжения, выпрямленное напряжение равно 310 В для однофазных и 635 В для трехфазных инверторных источников. Отсюда понятна низкая надежность работы инверторов в условиях повышенной влажности, запыленности и низких температур (более высокая вероятность электрического пробоя изоляции плат управления и электрического монтажа внутри источника).
- При выходе из строя одного элемента авария распространяется далее. Например, выход из строя ключевых транзисторов высокочастотного преобразователя сопровождается выходом из строя сварочного трансформатора, первичная обмотка которого разрушается со взрывом.

Разработчики сварочного оборудования устраняют эти недостатки двумя путями:

- первый — применение в инверторных сварочных источниках интеллектуальных силовых модулей (содержат в едином конструктивном решении ключевые элементы, защиту от перегрузок и блокировки, устройства согласования и гальванические развязки);
- второй — отказ от управления сварочным источником через первичную обмотку. При этом, используя низковольтные шины или многопостовые сварочные выпрямители типа ВДМ для группового питания, необходимо применять преобразователи постоянного тока — регуляторы сварочного тока (чопперы, конверторы) для ручной дуговой, аргонодуговой и механизированной сварки.

Первый путь позволяет решить проблему надежности сварочных инверторов, но стоимость конечного изделия возрастает при этом в 2–2,5 раза. Недостатком является также то, что такой сварочный инвертор практически неремонтопригоден в условиях даже современных сварочных производств.

Второй путь более революционный, учитывая сложившуюся на рынке России конъюнктуру. Стоимость регулятора сварочного тока в этом случае соизмерима со стоимостью тиристорных выпрямителей, поэтому в экономическом и технологическом аспектах применение сварочных регуляторов выгоднее, так как позволяет получить недорогой и качественный сварочный высокочастотный аппарат. В техническом плане первый и второй пути одинаковы, так как позволяют получить одинаковые выходные технические параметры сварочного источника.

На *рис. 2* приведена структурная схема регулятора, при анализе которой можно легко убедиться, что имеется только одна ступень преобразования по сравнению с тремя ступенями в инверторе, отсутствует сварочный трансформатор. Поэтому очевидно, что надежность сварочного регулятора значительно выше, чем надежность сварочного инвертора, так как непосредственные преобразователи постоянного тока не обладают ни одним из вышеперечисленных факторов снижения надежности, типичных для инверторов.

В группе предприятий «ИТС» освоено производство конвертора КСУ–320 для ручной дуговой сварки, конвертора КСУ–400 для ручной дуговой и механизированной сварки, конвертора КСУ–500 для аргонодуговой сварки неплавящимся электродом.

Плату управления и силовую часть конверторов изготавливают на ОАО «СЭЛМА» (Симферополь), докомплектовывают и сдают конечную продукцию на ОАО «ЭСВА» (Калининград). Конверторы в отличие от изделий зарубежных фирм полностью обеспечены ремонтной документацией, имеется квалифицированный штат наладчиков. КПД конверторов составляет не менее 98%, КПД многопостовых выпрямителей — не менее 95%.

Универсальный сварочный конвертор КСУ–320 предназначен для ручной дуговой сварки на обратной полярности. Имеет такие регуляторы: горячий старт, ток короткого замыкания, цифровой индикатор тока дуги.

Конвертор КСУ–400 предназначен для ручной дуговой и механизированной сварки на обратной полярности, имеет переключатель режима сварки, цифровые индикаторы силы тока дуги и напряжения дуги, встроенную плату управления сварочным приводом, регуляторы задержки продувки газа, растяжки дуги, режим мягкого старта.

Конвертор КСУ–500 с новым блоком БУ ТИГ предназначен для аргонодуговой сварки на прямой полярности. Блок БУ ТИГ с микропроцессорным управлением предусматривает возможность предварительной установки и контроля всего сварочного цикла.

Рабочая частота конверторов — более 16 кГц. Питание осуществляется от многопостовых сварочных выпрямителей типа ВДМ–6303С и ВДМ–1202С с напряжением холостого хода 60–90 В, без дросселя насыщения.

Использование данных конверторов с многопостовыми сварочными выпрямителями типа ВКСМ не рекомендуется ввиду сильных бросков силы тока при включении.

Техническая характеристика КСУ–320:

Напряжение питания, В	*60–90*
Номинальная сила сварочного тока (ПВ, %), А	*250(100); 320(60)*
Предел регулирования силы сварочного тока, А:	
ММА	*30–320*
Потребляемая мощность, кВ·А	*11*
Масса, кг	*11*
Габаритные размеры, мм	*183×210×550*

Техническая характеристика КСУ–400:

Напряжение питания, В	*60–90*
Номинальная сила сварочного тока при (ПВ, %), А:	
МИГ/МАГ	*280(100); 320(60); 400(20)*
ММА	*250(100); 320(60)*
Предел регулирования силы сварочного тока, А:	
ММА	*30–320*
МИГ/МАГ	*60–400*
Потребляемая мощность, кВ·А	*15*
Масса, кг	*14*
Габаритные размеры, мм	*200×480×320*

Техническая характеристика КСУ–500 с блоком БУ ТИГ:

Напряжение питания, В	*50–100*
Номинальная сила сварочного тока, А (ПВ, %)	*400(100); 500(60)*
Предел регулирования силы сварочного тока, А	*10–500*
Потребляемая мощность, кВ·А	*20*
Масса КСУ–500, кг	*37*
Габаритные размеры, мм:	
КСУ–500	*315×600×450*
БУ ТИГ	*335×215×355*

Технологические параметры КСУ–400 с механизмом подачи ПДГ–322, работающего в режиме МИГ/МАГ:

Предел регулирования времени мягкого старта, с . . . 0,5–1,0
Предел регулирования времени задержки отключения сварочного напряжения, с 0–10,0
Предел регулирования времени продувки газа, с 60–960
КПД, % 85
Класс изоляции IP23

Технологические параметры КСУ–500 с блоком БУ ТИГ:

Диапазон времени продувки газа до и после сварки, с . . 0,5–30,0
Диапазон регулирования времени изменения силы тока в начале и в конце сварки, с 0,1–10,0
Диапазон регулирования длительности импульса тока и тока паузы, с 0–2
Диапазон регулирования силы тока дежурной дуги, А . . 10–500
Диапазон регулирования тока импульса, А . . . Ток паузы 500
Диапазон регулирования тока паузы, А 10–500
Диапазон времени продувки газа до и после сварки, с . . 0,5–30,0

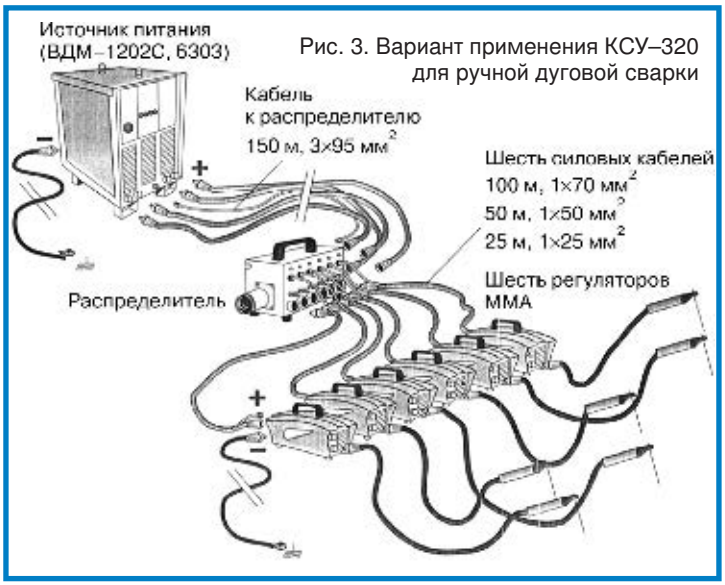


Рис. 3. Вариант применения КСУ–320 для ручной дуговой сварки

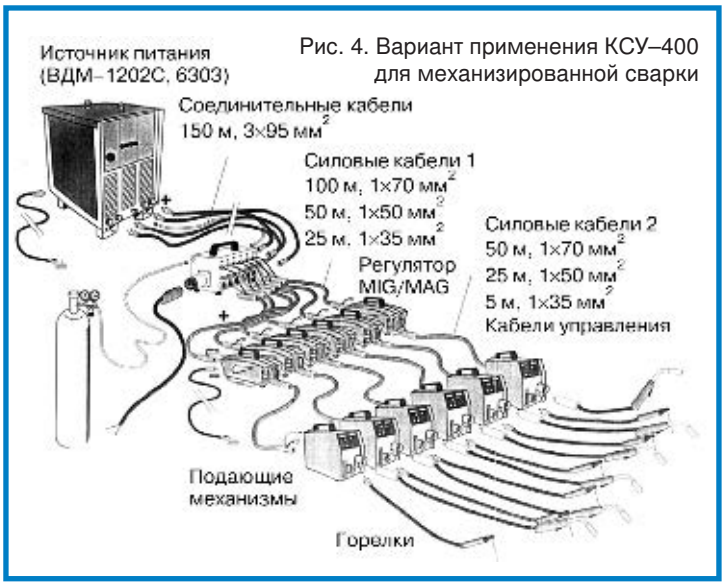


Рис. 4. Вариант применения КСУ–400 для механизированной сварки

Есть возможность электропитания конверторов от отдельного блока питания, включающего трансформатор с жесткой вольт-амперной характеристикой, напряжением холостого хода 70 В и неуправляемый диодный выпрямитель.

На *рис. 3, 4* показаны варианты исполнения, удаленность от многопостовых выпрямителей и требуемые сечения сварочных кабелей. На *рис. 5* показан общий вид конверторов КСУ–320, КСУ–400 с ПДГ–322, КСУ–500 с БУ ТИГ.

Конверторы имеют следующие основные технические решения.

- При использовании в качестве источника питания выпрямителя ВДМ–6303С можно применять до шести КСУ–320, при использовании выпрямителя ВДМ–1202С — до десяти КСУ–320. Количество других типов конверторов, применяемых с многопостовыми выпрямителями типа ВДМ, выбирают исходя из мощности многопостового выпрямителя и мощности конвертора.
- Специальная плата управления в КСУ–320 и КСУ–400 обеспечивает при ручной дуговой сварке наложение на сварочную ванну специальных колебаний, что дает снижение содержания диффузионного водорода в сварном шве на 20–25% по сравнению со снижением при сварке на любом тиристорном или инверторном сварочном источнике.
- Исключается взаимное влияние постов при сварке, сварочный режим каждого поста стабилизируется при изменении питающего напряжения в диапазоне 60–90 В.
- Конверторы имеют минимальную зависимость от перекоса фаз питающей сети, это делает их идеальными для работы в полевых условиях.
- Конверторы оказывают минимальное влияние на искажение формы синусоиды питающего напряжения при работе от дизельного генератора (между многопостовым выпрямителем и генератором).
- Конверторы позволяют устанавливать сварочные посты на расстояние до 200 м от многопостового сварочного источника (типа ВДМ).
- Конверторы КСУ–320 и КСУ–400 имеют встроенный блок снижения напряжения холостого хода при ручной дуговой сварке в соответствии с требованиями НАКС.

Наиболее тщательные испытания и промышленная апробация конверторов проведены в ПО «Севмаш» (Северодвинск),

где с 2004 г. эксплуатируют более 200 аппаратов КСУ–320. В подробном техническом отчете об испытаниях конверторов приведены сравнительные эксплуатационные характеристики инверторных источников и сварочных регуляторов различных фирм из Польши, Италии, Германии и регулятора КСУ–320; показано преимущество КСУ–320 над зарубежными аналогами.

Установлено, что только за счет экономии электроэнергии окупаемость и получение прибыли при использовании КСУ–320 вместо многопостовых выпрямителей с балластными реостатами происходит на втором году внедрения. Срок окупаемости значительно снижается за счет высоких сварочно-технологических характеристик нового изделия.

Кроме того, при использовании КСУ–320 для сварки низколегированных сталей коэффициент наплавки металла выше нормы на 5–8% по сравнению с коэффициентом наплавки традиционными тиристорными и многопостовыми сварочными установками. Разбрызгивание при сварке на КСУ–320 незначительное или отсутствует, формирование шва мелкочешуйчатое. При этом установлено, что расход электродов УОНИ–13/55, необходимых для наплавки 1 кг металла, снизился на 3%. В стоимостном выражении эта экономия составляет 0,07 дол. США на 1 кг наплавленного металла. При годовом объеме 3000 кг наплавленного металла экономия составит 210 дол. США или 150 кг электродов на одном посту. Это позволяет снизить время окупаемости при сварке низколегированных сталей примерно на три месяца и обеспечить получение прибыли от применения КСУ–320 в первом полугодии следующего после внедрения года.

При сварке высоколегированными электродами из нержавеющих сталей ЭА–400/10У, по данным ПО «Севмаш», отходы электродов при сварке на КСУ–320 по сравнению со сваркой с ВДМ–1202С снижаются не менее чем на 7–8%, разбрызгивание электродного металла — на 4–5%, снижение потерь на исправление брака составляет 1,5–2%. Это позволило получить прибыль от применения КСУ–320 в первом полугодии года внедрения за счет снижения расхода электродов высокой стоимости.

Объем применения КСУ–320 увеличивается в таком традиционном для группы предприятий «ИТС» направлении, как нефтегазовая отрасль. Общий объем продаж

Рис. 5. Сварочные конверторы КСУ–320, КСУ–400 с ПДГ–322, КСУ–500 с БУ ТИГ

КСУ–320, эксплуатация которых ведется на открытых монтажных площадках, в этой отрасли составляет не менее 50 (при питании многопостовых выпрямителей от дизельных генераторов, температурах окружающего воздуха до минус 40 °С). Потребители отмечают более высокую надежность КСУ–320 по сравнению с традиционными инверторами и отсутствие влияния на питающую электрическую сеть, что свойственно для отечественных и импортных сварочных инверторов.

Конверторы КСУ–400 и КСУ–500 — новые изделия. При разработке КСУ–400 использованы отработанные схемные решения, примененные в КСУ–320; КСУ–500 с БУ ТИГ — принципиально новое изделие. Их промышленная апробация проведена на предприятиях судостроения в 2007 г.

Отличительной особенностью КСУ–400 является расположение платы управления сварочным приводом в конверторе, а не в механизме подачи, и использование новой цифровой платы управления. В механизме подачи КСУ–400 расположены только привод двигателя и ручки регулирования скорости подачи сварочной проволоки и напряжения дуги. КСУ–400 технологически ориентирован на сварку порошковой проволокой всех типов и проволокой сплошного сечения в защитных газах. Не имеет возможности формирования корневого слоя шва на весу. Идеален для заполняющих и облицовочных проходов.

Отличительной особенностью КСУ–500 с блоком БУ ТИГ является исключительно мягкая дуга и возможность предварительной установки и регулирования сварочного цикла с микропроцессорного БУ ТИГ. Идеален для аргонодуговой сварки титана и нержавеющих сталей. ● **#803**

Современные методы термообработки сварных соединений магистральных нефтегазопроводов

П. М. Корольков, ООО «Нагрев» (Москва)

В настоящее время и в ближайшие годы строительство магистральных газонефтепродуктопроводов (далее магистральных трубопроводов) диаметром до 1420 мм будут проводить в России на территории с холодными климатическими условиями (север Европейской части, восточные регионы Сибири, Сахалин и др.) Такие климатические условия требуют применения для изготовления магистральных трубопроводов легированных сталей с высоким уровнем хладостойкости, что предъявляет к строительно-монтажным организациям повышенные требования в обеспечении качества сварочных работ. С этой целью применяют различные технологические операции: подогрев для сварки кромок труб (предварительный и сопутствующий) и термообработку сварных соединений. К операциям, выполняемым с помощью средств нагрева, следует отнести также подогрев выполненных сварных соединений для наложения постоянной гидротеплоизоляции (антикоррозионной изоляции).

Необходимость подогрева для сварки и термообработки сварных соединений определяют требования нормативно-технической документации (НТД). В настоящее время часть магистральных трубопроводов, в частности на Сахалине, проектируют зарубежные организации и поставляют оборудование и материалы по НТД этих стран. В этом случае сварочные работы, в том числе и термообработку сварных соединений, должны выполнять по нормативам этих стран. Например, по нормативам США, которые практически считаются международными, согласно коду ASME B 31.8, термообработку сварных соединений проводят для углеродистых и низколегированных сталей 20, 15ГС, 09Г2С с толщиной стенок более 19 мм, аналог MO1(W01).

В нормативах Российской Федерации регламентирована термообработка сварных соединений промысловых нефтегазопроводов, транспортирующих рабочие среды с высоким содержанием и парциальным давлением сероводорода H_2S. Однако нет никаких указаний по термообработке сварных соединений магистральных трубопроводов, транспортирующих «чистые» (без содержания H_2S) нефтегазопродукты. Термообработку таких сварных соединений должны проводить согласно указаниям проектной документации. Исключения составляют требования, предъявляемые СП 105–34–96 к магистральным газопроводам Ямал—Европа, для сварных соединений которых предписано проведение в отдельных случаях термообработки по режиму высокого отпуска (разнотолщинных стыковых соединениях при толщине стенки более 42 мм).

Подогрев для сварки (предварительный до начала сварки) до температуры 100–200 °С в соответствии с требованиями НТД выполняют для свариваемых кромок труб с целью их сушки и создания запаса теплоты, необходимой для успешного проведения сварочного процесса. В отдельных случаях необходимо проведение сопутствующего подогрева в процессе сварки, когда кромки труб остывают ниже минимальной температуры, предписанной требованиями НТД. При этом особое внимание обращается на недопустимость загрязнения кромок труб (например, при подогреве газопламенным способом с использованием пропана), а также на необходимость обеспечения равномерного нагрева.

Термообработку сварных соединений магистральных трубопроводов проводят по требованиям НТД, как правило, по режиму высокого отпуска с целью снижения содержания диффузионного водорода и уровня сварочных напряжений, а также улучшения механических свойств и структуры металла сварного соединения.

Подогрев поверхности сварных соединений до температуры 150–200 °С для наложения гидротеплоизоляции (антикоррозионной изоляции) выполняют после окончания сварки и контроля качества сварных соединений. Особое внимание обращают при этом на чистоту поверхности сварного соединения и равномерность нагрева различных зон сварного соединения.

При разработке оборудования для выполнения подогрева при сварке, термообработки сварных соединений и подогрева сварных соединений для наложения антикоррозионной изоляции следует учитывать возможность выполнения этих трех операций с применением одного и того же типа оборудования.

Согласно положениям НТД развитых зарубежных стран, подогрев для сварки — операция, являющаяся первой фазой термообработки. Согласно коду ASME B 31.8, для сталей российского аналога МО1–1 при толщине стенки до 25 мм подогрев для сварки необходимо выполнять до температуры 10 °С (сушка) и свыше 25 мм — до 79 °С, для сталей российского аналога МО2–1 при толщине стенки до 13 мм — до 10 °С (сушка), более 13 мм — 79 °С. Безусловно, при проведении работ в условиях холодного климата температура подогрева должна быть увеличена. По НТД Российской Федерации подогрев для сварки относится к числу сварочных операций. В зависимости от химического состава труб, типа электродов и толщины стенки свариваемых труб температура подогрева находится в пределах 100–200 °С.

При подогреве для сварки магистральных трубопроводов применяют четыре технологии: газопламенный нагрев от кольцевых пропановых горелок, с использованием электронагревателей сопротивления, электронагревателей комбинированного действия, индукционного нагрева токами средней частоты до 10 кГц.

Основным методом подогрева при сварке магистральных трубопроводов, проектируемых российскими организациями, является газопламенный нагрев кольцевыми пропановыми горелками. Этот метод нагрева является простым, не требует электрических источников питания. Однако для труб большого диаметра трудно получить равномерный нагрев по окружности свариваемых кромок труб, при этом возможно образование загрязнений от копоти пламени. Кроме того, при работе на Севере, когда сварку стыков труб выполняют под переносными укрытиями, сложно обеспечить выполнение необходимых правил техники безопасности. По этой причине при строительстве магистральных нефтепроводов «Сахалин–II» и «Сахалин–I» диаметром 219–925 мм с толщиной стенки 8–12 мм из низколегированной стали Х65 по проектам «Сахалин Энерджи» (Англия) и «Эксон-Мобил» (США) применение газопламенного подогрева для стыковых соединений запрещено. Для этих целей используют специально изготовленные фирмами PIH (Англия) и Миллер (США) индукционные установки токов средней и высокой частоты мощностью до 20 кВт. Кроме того, успешно применяют разработанную ООО НПП «Курай» (Уфа) специальную индукционную установку токов средней частоты для подогрева труб диаметром 525–1220 мм *(рис. 1)*.

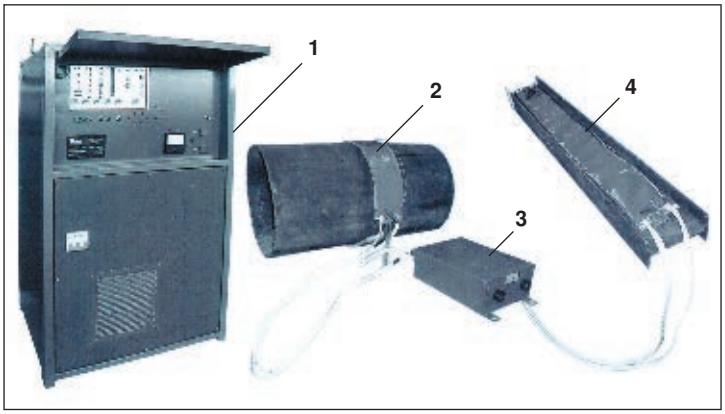


Рис. 1. Установка ООО «НПП Курай» для подогрева при сварке труб диаметром 525–1220 мм (1 — пульт управления установки; 2 — секция индуктора на трубе; 3 — устройство для соединения секций индукторов; 4 — резервная секция индуктора)

Техническая характеристика установки:

Напряжение питающей сети (трехфазное), В	*380*
Максимальная мощность, кВт	*20*
Температура окружающей среды, °С	*От +40 до –40*
Время подогрева до 100 °С, мин	*2–7*
Диапазон рабочих частот, кГц	*7–10*
Сила тока, А	*180*
Охлаждение	*Воздушно-принудительное*
КПД, %	*90*
Диапазон регулирования мощности, %	*10–100*
Габаритные размеры, мм	*450×550×900*
Масса, кг	*87*

Установка укомплектована соединительными кабелями и гибкими индукторами для труб диаметром 525, 625, 920 и 1220 мм. В настоящее время проводят разработку аналогичной установки для подогрева при сварке труб диаметром 1420 мм.

Индукционные электронагреватели имеют высокую удельную мощность до 8 Вт/см^2, их можно легко устанавливать на трубы.

Применение электронагревателей сопротивления носит ограниченный характер. Электронагреватели типа ГЭН в 1980-х гг. имели значительное применение, однако они сняты с производства в 1990 г. Использование поверхностных электронагревателей (типа нагревательных матов) мощно-

стью 2,7 кВт (45 А, 60 В) как зарубежных, так и отечественных, нерационально в связи с их небольшими размерами, незначительной удельной мощностью (4–5 Вт/см^2) и обязательной необходимостью использования программной установки.

Подогрев для сварки рационально выполнять с использованием электронагревателей комбинированного действия типа КЭН–3 и КЭН–4–3. Эти электронагреватели обладают высокой удельной мощностью (до 9 Вт/см^2), не требуют для работы программных установок, допускают выполнение сопутствующего подогрева в процессе сварки, их могут применять для труб диаметром до 1420 мм, при этом легко устанавливать на свариваемые трубы.

Термообработку сварных соединений магистральных трубопроводов диаметром до 1020 мм, транспортирующих среды с содержанием H_2S, проводились примерно с 1960 г. с использованием передвижных программных установок ОТС–62 в комплекте с электронагревателями сопротивления типа ПТО и ГЭН. Для выполнения этих работ в системе Миннефтегазстроя СССР были организованы два специализированных монтажных треста (в Оренбурге и Узбекистане), которые направляли персонал термистов с установками ОТС–62 для выполнения термообработки сварных соединений в различных регионах страны. В 1990-х гг. изготовление этого оборудования было прекращено, и сейчас в работе находятся только отдельные единицы. Ремонтные работы на магистральных трубопроводах, транспортирующих среды с H_2S, в регионе Оренбурга проводят с использованием электронагревателей ГЭН, в регионе Астрахани — нагревательными матами мощностью 2,7 кВт. В настоящее время большие работы по строительству магистральных трубопроводов, транспортирующих среды с содержанием H_2S, проводят в Казахстане. Для термообработки сварных соединений используют, в частности, два мобильных комплекса на автомашинах «Урал 6×6» с программной установкой «Термо–3000» мощностью 200 кВт, изготовленных ООО РСП «Алексий» (Пермь) *(рис. 2)*. Установки предназначены для термообработки сварных соединений труб диаметром до 1420 мм с использованием электронагревателей комбинированного действия КЭН–4–3, изготовленных ООО «Нагрев» (Москва). В кабине автомобиля вместе с установкой для термообработки размещен дизель-генератор ДГУ–200. Один такой передвижной комплекс используют в ООО «Пермтрансгаз».

В последние годы в России термообработку сварных соединений магистральных газопроводов выполняли на строительстве газопровода «Голубой поток» (Россия—Турция). Трубы двух линий магистрального газопровода длиной 1 км, диаметром 610 мм с толщиной стенки 38 мм выполнены из стали ЛРІ5LX65 (аналог 09Г2С). На этих линиях была выполнена термообработка 219 сварных соединений по режиму высокого отпуска с нагревом до 595–615 °С. Применяли программные установки ТП 6–100 и ТП 8–120 производства ООО НПП «Курай» (Уфа) мощностью соответственно 100 и 120 кВт с шестью и восемью каналами нагрева. Для нагрева использовали нагревательные маты мощностью 2,7 кВт фирмы «Велдотерм» (Германия) и высокотемпературную теплоизоляцию типа «Супер-Сил» толщиной 25 мм ЗАО РЛБ «Силика» (Московская

Техническая характеристика:

	Установка «Термо–3000»
Напряжение трехфазной питающей сети, В	*380*
Частота тока, Гц	*50*
Количество независимых каналов нагрева, шт.	*6*
Количество программаторов, шт.	*6*
Потребляемая мощность, кВ·А	*200*
Мощность установки на нагрев, кВт	*190*
Максимальное напряжение на каждом канале нагрева, В	*85*
Максимальная сила тока по каналам нагрева, А	*360*
Максимальная скорость, °С/ч:	
нагрева	*650*
охлаждения	*300*
Мощность каналов нагрева установки, кВт	*32*
Максимальное время выдержки, ч	*23, 55*
Габаритные размеры, мм	*1000×500×1650*
Масса, кг, не более	*770*
	Автомобиль «УРАЛ 6×6»
Номинальная мощность, л.с.	*240*
Масса груза, кг	*12000*
Масса автомашины, кг	*8310*
Полная масса мобильного комплекса	*20535*
Максимальная скорость движения автомобиля, км/ч	*75*
Габаритные размеры фургона (кунга), мм	*5700×2500×2100*
	Дизель-генераторная установка ДГУ–200
Номинальная мощность, кВт	*200*
Номинальная частота вращения, об/мин	*1500*
Удельный расход топлива, кг/(кВт·ч)	*0,3*
Род тока	*Переменный, трехфазный*
Напряжение трехфазной питающей сети, В	*380*
Частота тока, Гц	*50*
Температура окружающей среды, °С	*От –50 до +50*
Габаритные размеры, мм	*2865×1330×1715*
Масса, кг	*3000*

область). Согласно технологии, разработанной ВНИИМонтажспецстроем, на сварные соединения устанавливали 18 электронагревателей суммарной мощностью 48 кВт. Время установки электронагревателей, термопар и теплоизоляции составило 6 ч, время нагрева до 600 °С — 3 ч. Кроме того, была выполнена термообработка четырех сварных соединений трубных элементов размером 1220×30 и 1300×70 мм и установлено 56 электронагревателей суммарной мощностью 151 кВт. Время установки электронагревателей, термопар и теплоизоляции составило 10 ч, время нагрева до 600 °С — 6 ч. Термообработку по нормативам кода ASME B 31.8 проводила фирма «Катран-К» (Франция) и персонал термистов из России. Следует отметить, что установку электронагревателей проводили с параллельным подключением (каждая секция имеет два присоединения). Установки ТП 6–100 и ТП 8–120 были размещены в специальных кабинах и совместно с дизель-генераторами их перемещали вдоль трассы тракторами.

Следует отметить, что работы проходили в регионе с теплым климатом (Краснодарский край) в летнее время.

В настоящее время термообработку сварных соединений нефтегазопроводов активно выполняют на Сахалине в системах «Сахалин–I — Сахалин–IV». Например, на нефтяном месторождении Чаево (район г. Оха) «Сахалин–I» термообработку сварных соединений диаметром 610×76 мм из стали А 533 (аналог 09Г2С) по проекту фирмы «Эксон-Мобил» (США) согласно нормативам ASME код B 31.8 проводил по предложению ВНИИМонтажспецстроя персонал термистов из России. Для этой термообработки использовали установку «Стандарт-Европа 84–6» фирмы «Велдотерм» (Германия). Было установлено 30 секций нагревательных матов мощностью 2,7 кВт (суммарная мощность 81 кВт). Следует отметить, что работы выполняли при температуре минус 26–30 °С при сильном ветре, на сварное соединение устанавливали защитную палатку. Время нагрева составляло 15–17 ч, а размещение электронагревателей, термопар и теплоизоляции — 9–10 ч.

Проведенные работы показали, что предлагаемые зарубежными фирмами нагревательные маты мощностью 2,7 кВт при термообработке сварных соединений магистральных трубопроводов больших диаметров (более 600 мм) или с большими толщинами стенок (более 40 мм) нерациональны

Рис. 2. Мобильный комплекс ООО РСП «Алексий» для термообработки сварных соединений в полевых условиях: 1 — люки для хранения кабелей; 2 — люки для подключения кабелей; 3 — дверь отсека дизель-генератора

из-за их небольшой удельной мощности (4–5 Вт/см^2). Причем это зависит также от типа программных установок, в том числе и российских, что было подтверждено первым опытом работ по приварке фитингов для врезки в нефтегазопроводы под давлением.

Для подготовки к проведению работ по термообработке в условиях Севера и на Северо-Европейском газопроводе необходима разработка и применение других средств нагрева. К числу требований, предъявляемых к ним, является наличие значительной удельной мощности (не менее 8–9 Вт/см^2), упрощение электрической схемы нагрева, связанной с применением относительно мощных электронагревателей. Это позволит уменьшить количество их подключений к источникам питания, потребует небольшую длину участка сварного соединения для установки электронагревателей (не более 400 мм для ввода мощности 150 кВт).

К средствам нагрева относится индукционный нагрев токами средней частоты 2500 Гц (единичная мощность индуктора до 160 кВт) и электронагреватели комбинированного действия КЭН–4–3 (единичная мощность 25–28 кВт). Индукционный нагрев токами средней частоты 2500 Гц хорошо показал себя при местной термообработке сварных соединений крупногабаритных конструкций барабанов котлоагрегатов диаметром до 2 м с толщиной стенки до 110 мм.

Электронагреватели КЭН–4–3 в течение 5 лет успешно использовали при местной термообработке сварных соединений газопроводов по технологии, разработанной ВНИИМонтажспецстроем, при рекуперации газокомпрессорных станций. Этими

Техническая характеристика установки «Интерм–160»:

Напряжение трехфазной питающей сети (50 Гц), В 380
Допустимые колебания напряжения сети, % . . . . . +10...15
Выходное напряжение установки, В:
номинальное 400
регулируемое. 200–600
Частота выходного напряжения, кГц:
номинальная. 2,4
регулируемая. 1,6–3,0
Потребляемая мощность, кВт. 180
Выходная мощность, кВт:
номинальная 160
регулируемая 30–160
Охлаждение . . . . . Жидкостное (вода или тосол)
Расход охлаждающей жидкости, м^3/ч, не более 2,2
Температура окружающего воздуха, °С . . . . . От –40 до +40
Габаритные размеры кабины, мм. . . . . 4500×2400×2500
Масса установки с кабиной, кг 2600

электронагревателями была выполнена термообработка по режиму высокого отпуска с нагревом до 700 °С более 2 тыс. сварных соединений труб диаметром 820–1220 мм с толщиной стенки до 27 мм из стали 12ХМ итальянской поставки.

В настоящее время для местной термообработки сварных соединений магистральных трубопроводов в полевых условиях может быть рекомендована передвижная всесезонная установка «Интерм–160» производства ООО НПП «Курай» для индукционного нагрева токами средней частоты 2500 Гц мощностью 100 кВт.

Оборудование для термообработки размещено в передвижной кабине на полозьях. Существует также вариант кабины на колесном ходу. Для установки можно использовать индукторы как из оголенного медного провода, так и водоохлаждаемые индукторы.

Нагрев сварных соединений для наложения постоянной изоляции можно выполнять с помощью тех же средств, которые используются при предварительном подогреве свариваемых кромок труб. Для наиболее ответственных трубопроводов, к которым относятся магистральные трубопроводы систем «Сахалин–I» и «Сахалин–II», для нагрева применяют английские и американские индукционные установки, а также индукционные установки, изготовленные ООО НПП «Курай». Также могут быть применены электронагреватели типа КЭН, а также средства нагрева, используемые для термообработки сварных соединений.

В заключение следует сказать, что необходима разработка специальной НТД по термообработке сварных соединений магистральных трубопроводов, где кроме режимов термообработки, должны быть приведены рекомендуемые средства нагрева, технологические приемы проведения термообработки и средства контроля качества. ● **#804**

NEW

Крупнейшие металлургические компании 2006 г.

Международный Институт чугуна и стали (IISI) опубликовал список восьмидесяти крупнейших металлургических компаний 2006 г.

Согласно исследованию IISI, в пятерку крупнейших компаний вошли:

1. Arcelor Mittal
2. Nippon Steel Corp
3. JFE
4. Posco
5. Baosteel

Большой рывок сделала Tangsteel Group, которая перепрыгнула с 12-го места в 2005 г. сразу на 8-е и, таким образом, вошла в первую десятку. За год прирост производства стали в компании составил 18,6%.

Ведущие производители стали

Компания (страна)	**2006 г .**		**2005 г .**	
	Место	*Объем производства, млн т*	*Место*	*Объем производства, млн т*
Arcelor Mittal (Люксембург — Индия)	1	117,2	1	Mittal Steel — 63 Arcelor — 46,7
Nippon Steel (Япония)	2	32,7	3	32
JFE Steel Corp. (Япония)	3	32	5	29,9
POSCO (Ю. Корея)	4	30,1	4	30,5
Baosteel (Китай)	5	22,5	6	22,7

Китайская Baosteel выплавила в прошедшем году 22,5 млн.т стали. Следует отметить, что из 80 компаний, вошедших в рейтинг IISI, 30 — китайские.

Темпы роста Arcelor Mittal, которая на сегодняшний день является крупнейшим производителем в мире, не столь велики — всего 6,8%. Объемы производства в 2006 г. составили 117 млн т. Такой отрыв от второго места, занятого японской компанией Nippon, годовая мощность которой составляет 32 млн т в год, обеспечит Arcelor Mittal первое место еще на долгие годы, если, конечно, не грянут новые слияния и поглощения мирового масштаба.

www.ugmk.info

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, об отечественных конструкционных клеях для склеивания металлов.

В. А. Бирюкова *(Кировоград),*
А. В. Насонов *(Береслав)*

К конструкционным клеям для склеивания металлов предъявляют ряд специфических требований:

1. Клей должен быть нейтральным по отношению к склеиваемым материалам, т. е. не вызывать коррозии и не способствовать ее развитию.

2. Отверждение клея должно происходить без выделения летучих веществ, так как они неизбежно вызывают поры в шве и появление внутренних напряжений, ослабляющих клеевые соединения.

3. Необходимо, чтобы клей не был хрупким, обладал водо- и влагостойкостью и стойкостью к действию других жидкостей, с которыми он может соприкасаться (бензин, минеральные масла и др.).

4. Клеевые соединения металлов должны выдерживать разнообразные постоянные и переменные напряжения в течение длительного периода, сохранять работоспособность при действии различных температурных и атмосферных факторов.

5. Клеевой шов не должен быть более жестким, чем склеиваемые материалы, во избежание преждевременного разрушения вследствие концентрации напряжений.

6. Чтобы не возникли внутренние напряжения, клей при отверждении должен иметь малую усадку и термическое расширение, близкое к температурному расширению склеиваемых материалов.

7. Клей должен иметь достаточную жизнеспособность, хорошую заполняемость зазоров, быстро отверждаться, не требовать сложного оборудования и запрессовки склеиваемого изделия.

Таблица 1. Состав эпоксидного клея К–153

Компонент	*Массовая часть*
Эпоксидная смола ЭД–20	100
Пластификаторы:	
полиэфир МГФ–9	10
низковязкий тиокол НВБ–2	20
Отвердители — полиэтиленполиамин или сложные амины	15
Наполнитель — портландцемент	100–200

Одной из важнейших характеристик конструкционных клеев является их термостойкость. По этому признаку клеи делят на следующие группы: термостойкостью до 80, 150, 200–350 и 700 °С и выше. В большей степени всем требованиям отвечают эпоксидные клеи, примерный состав одного из них приведен в *табл. 1*. Они обладают хорошей адгезией к металлам, отверждаются без усадки и выделения летучих компонентов, менее чувствительны по сравнению с другими клеями к изменению толщины клеевого шва и режимов отверждения.

Техническая характеристика некоторых широко применяемых эпоксидных отечественных клеев приведена в *табл. 2*.

Одним из основных этапов склеивания металлов является подготовка поверхности к склеиванию, для этого применяют механичесую и химическую обработку.

Механическая обработка заключается в зачистке поверхности метала различными абразивными инструментами: наждачными кругами, шлифовальными шкурками, пастами, щетками и др. При тонкой шлифовке поверхность метала получается более ровной, и надежность клеевых соединений увеличивается. Механическая обработка шлифовальной шкуркой 100 повышает прочность склеивания алюминия на 20–25%.

Химическая обработка включает обезжиривание поверхности, травление оксидных пленок (сталь) и оксидирование (алюминий).

Обезжиривание поверхности бензином или ацетоном является обязательной операцией при склеивании металлов. Высокое качество обезжиривания достигается в парах трихлорэтилена. Длительность обработки в парах 5 мин, затем 15–20 мин промывка в трихлорэтилене и 5 мин в проточной воде.

Воднощелочные растворы применяют при больших объемах производства, так как они менее токсичны и взрывоопасны, чем органические растворители. После обработки этими растворами необходима тщательная промывка водой. Создание оксидной пленки может достигаться химическим (оксидирование) или электрохимическим (анодирование) способами. Для оксидирования алюминия применяют следующий состав: серная кислота 274 г/л, бихромат натрия 28 г/л, вода до 1 л. Температура раствора 60 °С, время выдержки 10 мин. При этом толщина оксидной пленки равна 1–2 мкм. В 1 л раствора допускается обработка 1 м^2 поверхности алюминия.

Электрохимическое оксидирование проводят при постоянном токе в электролите — водном растворе серной кислоты концентрацией 180–200 г/л. Температура электролита 15–25 °С, анодная плотность тока 1–1,5 А/дм^2, напряжение на шинах 12–22 В, время оксидирования 30–40 мин. Толщина оксидной пленки в этом случае значительно выше, что обеспечивает коррозионную стойкость алюминия. Прочность склеивания не зависит от вида оксидирования.

В зависимости от размеров поверхности и типа клея эпоксидные клеи наносят кон-

Таблица 2. Техническая характеристика некоторых клеев для склеивания металлов

Марка	*Тип*	*Жизнеспособность при температуре 20 °С*	*Режим склеивания*			*Расход клея на каждый слой, г/м^2*	*Число слоев*	*Назначение*
			Температура, °С	*Время, ч*	*Давление, МПа*			
К–153	Жидкий многокомпонентный	45–60 мин	80	6	0,1–0,3	200–250	1	Склеивание металлов, стекла текстолитов, пенопластов и других материалов, работающих при температуре от –60 до +150 °С
К–300	Трехкомпонентный	2 ч	20–25	24–30	0,05	250–300	1–2	Ремонтный состав для заделки трещин и раковин. Для комбинированных клеемеханических соединений. Термостойкий вакуум-плотный клей. Для герметичного склеивания сталей, алюминиевых и титановых сплавов, латуни и других материалов, работающих при температуре от –60 до +300 °С
К–300–61	Трехкомпонентный	2 ч	15–35	24	0,05–1	250–300	1–2	Ремонтный состав для заделки трещин и раковин. Для комбинированных клеемеханических соединений, работающих при температуре от –196 до +250 °С
ВК–9	Вязкая масса, многокомпонентный	2,5 ч	20	24	0,01–0,05	160–300	—	Склеивание между собой и с неметаллическими материалами сталей и алюминиевых сплавов, работающих при температуре от –60 до +250 °С
ВК–13			180–200	2	0,6–1	200–250	2	Склеивание металлических и стеклопластиковых конструкций, работающих при температуре от –60 до +300 °С
ВС–101	Однокомпонентный	6 мес	180	2	0,08–0,5	150–250	2	Склеивание металлов и неметаллических конструкций, работающих при температуре 200 °С и кратковременно до 300 °С; приклеивание накладок к тормозным колодкам
ВС–350	Вязкая масса, многокомпонентный	6 мес	200	2	0,06–2	150–200	2	Склеивание металлов в конструкциях, работающих при температуре до 350 °С
Десан-Супер, Десан-Термо	Двухкомпонентный	2 ч	15–35	24	Контактное	250–300	1–2	Ремонтный состав для заделки крупных трещин и раковин. Для склеивания между собой металлов и неметаллических материалов, работающих при температуре от –180 до +300 °С

Таблица 3. Длительная и усталостная прочность клеевых соединений дуралюмина

Марка клея	Температура испытания, °С	Длительная прочность		Усталостная прочность	
		Напряжение, МПа	Время до разрушения, ч	Напряжение, МПа	Число циклов до разрушения
ВК–9	20; 125	7,0; 0,8	Более 500	3,0; 2,5	$10 \cdot 10^6$
К–153	20; 60	10,5; 3,0	500	6,0; 4,0	$5 \cdot 10^6$; 10^7

Таблица 4. Тепловое старение клеевых соединений из дуралюмина

Марка клея	Условия старения		Разрушающие напряжения при сдвиге, МПа							
			в исходном состоянии при температуре, °С				после старения при температуре, °С			
	Температура, °С	Продолжительность, ч	–60	20	60	150	60	20	60	150
ВК–9	125	10 000	—	14,0	—	4,5 (при 125 °С)	—	20,8	—	4,9
К–153	100	500; 100	9,1–11,7	9,7–11,9; 16,6	9,0–10,4	—	9,5–11,6	10,5–13,3; 33,4	8,9–10,8	—
К–300–61	200	200	—	21–36	—	1,2–1,8 (при 300 °С)	—	12	—	—

тактным наливом, кистью или пульверизатором. Подсушивание и отверждение нанесенного клея может производиться как при комнатной, так и при повышенной температурах, в соответствии с инструкцией на конкретную клеевую композицию.

Эпоксидные композиции холодного отверждения можно считать практически универсальными клеями для металлов и конструкционных неметаллических материалов. Наиболее широко их используют в конструкциях из алюминиевых и титановых сплавов, стали, стеклотекстолитов, различных пластмасс, керамики и др. О прочности при сдвиге и усталостной прочности при комнатной и максимальной рабочей температурах можно судить по данным, приведенным в *табл. 3* и *4*.

Например, клеи ВК–9 и К–153 характеризуются относительно высокими показателями диэлектрических свойств *(табл. 5)*.

Клееметаллические соединения (клеевинтовые, клеезаклепочные и клеесварные) — наиболее распространенный вид крепления металлов. Они особенно эффективны, например, для тонколистовых материалов при креплении обшивки с каркасом, так как совмещают достоинства механического и клеевого крепления. Оптимальным является клеесварное соединение — клей и контактная точечная сварка. Клеевая прослойка герметизирует полость нахлестки, предотвращает развитие щелевой коррозии и повышает динамическую прочность точечного соединения. Клей «КАН», разработанный ИЭС им. Е. О. Патона, не препятствует проведению контактной точечной сварки.

Таблица 5. Диэлектрические свойства клеев ВК–9 и К–153

Показатель	ВК–9	К–153
Тангенс угла диэлектрических потерь	0,05	0,03
Удельное электрическое сопротивление:		
поверхностное, Ом	$5{,}1 \cdot 10^{13}$	$3{,}6 \cdot 10^{13}$–$1 \cdot 10^{14}$
объемное, Ом·см	$5{,}6 \cdot 10^{13}$	$1 \cdot 10^{14}$–$3 \cdot 10^{14}$
Электрическая прочность, кВ/мм	22	20–24,9

Клеесварные технологии используют также для повышения надежности сварных конструкций, получаемых дуговыми методами сварки. В частности, сварные швы обрабатывают анаэробными герметиками после контроля герметичности. За счет высокой проникающей способности герметики заполняют микродефекты и в результате взаимодействия с поверхностью металла при отсутствии контакта с кислородом отверждаются.

На поверхности сварных швов анаэробные герметики длительное время не отверждаются, что способствует качественному заполнению микросвищей большой протяженности. Для этой цели в ИЭС им. Е. О. Патона разработана технология дополнительной обработки сварных швов анаэробными герметиками «Анагерм 1у» и «Унигерм 7». Они сохраняют герметизирующие свойства при температурах эксплуатации от минус 60 до плюс 250 °С. Перед нанесением электролитических покрытий на сварное изделие неотвержденные герметики можно легко удалить с поверхности моющим раствором. Отвержденные герметики в микродефектах обладают высокой химической и радиационной стойкостью (γ-облучение до 500 Мрад). ● **#805**

Расширение технологических возможностей выпрямителя ВД–506ДК для дуговой сварки в защитных газах

Г. В. Павленко, В. А. Сорока, ОАО «Фирма СЭЛМА» (Симферополь), **Н. М. Воропай,** д-р техн.наук, **В. М. Илюшенко,** канд. техн. наук, Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины (Киев)

ОАО Симферопольский электромашиностроительный завод «Фирма СЭЛМА» разработало и освоило серийный выпуск универсальных выпрямителей ВД–506ДК, предназначенных для механизированной и автоматизированной дуговой сварки в углекислом газе, аргоне и смеси газов электродной проволокой сплошного сечения и порошковой проволокой. Указанный источник питания пригоден также для ручной дуговой сварки неплавящимся (вольфрамовым) электродом и электродами с основным и целлюлозным покрытием.

В настоящей статье описаны технические характеристики выпрямителя ВД–506ДК и приведены результаты испытаний его технологических свойств, выполненных в ИЭС им. Е. О. Патона.

Выпрямитель ВД–506ДК *(рис. 1)*. Индекс ДК обозначает возможность дистанционного управления параметрами режимов сварки и наличие в выпрямителе комбинированной вольт-амперной характеристики. Выпрямитель обеспечивает трехступенчатое регулирование коэффициента наклона внешней характеристики и плавное изменение силы тока короткого замыкания при сварке в CO_2, аргоне и смесях газов, а также штыковую вольт-амперную характеристику при сварке неплавящимся (вольфрамовым) электродом. Важным преимуществом выпрямителя ВД–506ДК серии 4 нового поколения в сравнении с выпрямителем ВД–506ДК серии 03 является ступенчатое регулирование индуктивности сварочного дросселя при высоких значениях силы тока (более 300 А).

Рис. 1. Внешний вид выпрямителя ВД–506ДК с полуавтоматом ПДГО–511

Технические данные выпрямителя приведены в *табл. 1*. Его электрическая схема работает следующим образом. При включении кнопки «Пуск» загорается индикатор сети и включаются вентиляторы. Напряжение с обмотки силового трансформатора выпрямляется с помощью моста, сглаживается дросселем и поступает на выходные разъемы. Фазовое управление силовыми тиристорами, выполняющими регулировку силы сварочного тока, осуществляется с отдельной платы. Сила сварочного тока задается с помощью резистора, расположенного на передней панели, и с дистанционного пульта, входящего в комплект поставки. Выбор индуктивности сварочной цепи осуществляется переключением тумблера. Эту регулировку можно производить также дистанционно. Отключение выпрямителя производится кнопкой «Отключено».

Для механизированной дуговой сварки выпрямитель ВД–506ДК, как правило, комплектуют полуавтоматом ПДГО–511. Особенностью конструкции последнего является вертикальная компоновка корпуса подающего механизма. Такая компоновка обеспечивает защиту рабочих частей от механических повреждений и атмосферных осадков. При использовании горелки с дополнительной

кнопкой предусмотрено переключение полуавтомата на два заранее настроенных режима сварки. Технические данные полуавтомата ПДГО–511 позволяют стабильно подавать электродную проволоку сплошного сечения диаметром 0,8–1,6 мм и порошковую проволоку диаметром 1,2–3,2 мм. Возможна комплектация выпрямителя ВД–506ДК и другими сварочными полуавтоматами.

Технологические свойства комплекса ВД–506ДК/ПДГО–511. Сварочно-технологические испытания производили в соответствии с ГОСТ 25616–83 «Источники питания для дуговой сварки. Методы испытаний сварочных свойств». С целью получения сравнительных данных применяли также серийный выпрямитель ВДУ–506.

Электрические параметры режимов сварки регистрировали контролер-тренажером, который обеспечивал текущую цифровую регистрацию напряжения дуги и силы тока сварки, а также усредненные значения длительности коротких замыканий дугового промежутка. Сварку выполняли преимущественно в автоматизированном режиме путем наплавки валиков на пластины толщиной 6 и 10 мм. Использовали сварочную проволоку сплошного сечения диаметром 1,2 и 1,6 мм марки Св–08Г2С по ГОСТ 2246–70. Применяли также порошковую проволоку диаметром 1,2 и 1,6 мм марки ПП–АС4 по ГОСТ 26271–84. Защитной средой служил углекислый газ и газовая смесь 82% Ar+18% CO_2 по ТУ 6–05761850–012–2000. Надежность установления процесса сварки оценивали по числу первоначальных замыканий дугового промежутка. Коэффициент потерь металла на разбрызгивание и угар определяли методом взвешивания.

Таблица 1. Технические данные выпрямителя ВД–566ДК

Параметр	*Способ сварки*		
	МАГ	*ТИГ*	*ММА*
Номинальное напряжение питающей сети, В	3×380±10%		
Номинальная частота питающей сети, Гц	50±1		
Номинальная сила сварочного тока при ПН=100% и длительности цикла 10 мин, А	400		
Номинальное напряжение дуги, В	34	26	36
Вид регулировки силы тока	Плавный		
Предел регулирования силы сварочного тока, А	5–500	12–500	—
Предел регулирования напряжения дуги, В	15–40	10–32	22–40
Напряжение холостого хода, В, не более	95		
Максимальная потребляемая мощность, кВт, не более	29		
Коэффициент полезного действия, не менее	0,7		
Коэффициент мощности, не менее	0,7		
Габаритные размеры, мм	390×710×700		
Масса, кг, не более	175		

В *табл. 2* приведены результаты сравнительных испытаний технологических свойств выпрямителей ВД–506ДК и ВДУ–506. При использовании выпрямителя ВД–506ДК и проволоки Св–08Г2С диаметром 1,2 и 1,6 мм дуга зажигается после одного-двух замыканий электродной проволоки с поверхностью образца. В случае использования выпрямителя ВДУ–506 для возбуждения дуги в таких же условиях требуется 3–4 коротких замыканий дугового промежутка. При сварке в CO_2 проволокой Св–08Г2С диаметром 1,2 мм при силе тока 200 А и напряжении 24 В коэффициент потерь металла на разбрызгивание и угар для выпрямителя ВД–506ДК на 20–25% меньше, чем для

Таблица 2. Результаты сравнительных испытаний технологических свойств выпрямителей при сварке в CO_2 проволокой Св–08Г2С

Тип	*Режим сварки*			*Число коротких замыканий*	*ψ_p, %*	*Размеры шва*		
	$d_э$, мм	*$I_{св}$, А*	*$U_д$, В*			*Ширина b, мм*	*Высота h, мм*	*Коэффициент формы, h/b*
ВД–506ДК	1,2	100	20	1–2	4,8	7,2	1,7	0,23
ВДУ–506	1,2	100	20	3–4	6,2	6,2	2,1	0,34
ВД–506ДК	1,2	200	24	1–2	7,0	10,5	2,3	0,22
ВДУ–506	1,2	200	24	3–4	8,5	9,0	2,7	0,30
ВД–506ДК	1,2	300	27	1–2	7,6	11,3	2,7	0,23
ВДУ–506	1,2	300	27	3–4	9,8	9,4	3,0	0,32
ВД–506ДК	1,6	400	34	1–2	7,8	8,8	2,5	0,27
ВДУ–506	1,6	400	34	3–4	9,2	9,2	2,8	0,31

Примечание. Вылет электродной проволоки — 15–25 мм, расход защитного газа (CO_2) – 12–25 л/мин.

выпрямителя ВДУ–506. Наоборот, длительность коротких замыканий снижается с 3,5 до 2,5 мс. Тип выпрямителя не оказывает заметного влияния на качество формирования поверхности швов и геометрические размеры зоны проплавления.

Для выпрямителя ВД–506ДК использование электродной проволоки Св–08Г2С диаметром 1,6 мм в сравнении с проволокой диаметром 1,2 мм при сварке в CO_2 при силе тока 300 А приводит к повышению потерь металла на разбрызгивание и угар (до 7,8%). Замена углекислого газа на смесь 82% Ar+18% CO_2 снижает разбрызгивание при сварке проволокой диаметром 1,2 и 1,6 мм соответственно до 3,2 и 4,4%. Комплекс ВД–506ДК/ПДГО–511 показал высокую стабильность процесса дуговой сварки в CO_2 и смесях газов во всех пространственных положениях швов при применении электродной проволоки сплошного сечения и порошковой проволоки.

Техника двухрежимной сварки. Комплекс ВД–506ДК/ПДГО–511 прошел производственные испытания при двухрежимной дуговой сварке в различных пространственных положениях электродной проволокой сплошного сечения и порошковой проволокой. Выполняли стыковые швы неповоротных труб диаметром 325–1420 мм и толщиной стенки 6 мм и выше. Самозащитную порошковую проволоку использовали в условиях, непригодных для сварки в защитных газах (например, без укрытия при наличии ветра).

Обнаружено, что характерной особенностью процесса сварки порошковой проволокой являются повышенные требования к соблюдению заданных параметров режимов, в частности, к постоянству сварочного напряжения. Колебания напряжения дуги более ±1 В отрицательно влияют на качество формирования швов. Технические данные выпрямителя ВД–506ДК обеспечивают выполнение этих требований. Для обеспечения устойчивости сварки сварочные кабели должны быть полностью размотаны. Частично размотанные кабели создают дополнительное индуктивное сопротивление в сварочной цепи.

В полуавтомате ПДГО–511 предпочтительнее использовать вариант четырехроликового механизма подачи порошковой проволоки. Наложение облицовочных слоев шва самозащитной порошковой проволокой производят после выполнения корневого и основных швов механизированной сваркой в CO_2 проволокой сплошного сечения либо порошковой проволокой. Разделка кромок под сварку должна соответствовать требованиям к разделке под сварку стыков магистральных трубопроводов. Для труб с толщиной стенки до 15 мм выполняют V-образную разделку с углом скоса кромок не более 30°. Для труб с толщиной стенки больше 15 мм применяют комбинированную U-образную разделку.

Основными параметрами режимов механизированной сварки порошковой проволокой являются диаметр сварочной проволоки, напряжение дуги, скорость подачи электродной проволоки. Марку порошковой проволоки подбирают в зависимости от механических свойств металла свариваемых труб. Непосредственно перед сваркой необходимо установить соответствующие переключатели на лицевой панели выпрямителя:

- переключатель «местное — дистанционное» в положение «дистанционное»;
- переключатель процессов сварки в положение, соответствующее механизированной сварке;
- переключатель наклона внешней вольт-амперной характеристики в положение «1»;
- переключатель «Индуктивность» в положение минимальной индуктивности.

Регулятор силы тока короткого замыкания $I_{к.з}$ переключают на «min». Скорость подачи сварочной проволоки и напряжение устанавливают с помощью регуляторов «U», «V» подающего механизма. На подающем механизме ПДГО–511 предусмотрена возможность предварительной установки одновременно двух режимов сварки. Первый режим (основной) выбирают с помощью регуляторов «U_1» и «V_1». Второй режим (пониженный по отношению к первому — для потолочного положения) — с помощью регуляторов «U_2» и «V_2». Переключение на второй режим производят при переходе с вертикального положения на потолочное без прекращения процесса сварки. Переключение на пониженный режим применяют для удержания сварочной ванны в потолочном положении. Как правило, сварку стыков труб выполняют сверху вниз — «на спуск».

Импульсная подача электродной проволоки. Одним из направлений совершенствования дуговой сварки в защитных газах является программирование скорости подачи электродной проволоки по законам, обеспечивающим принудительный отрыв и перенос капель электродного металла. Технологические возможности выпрямителя ВД–506ДК изучали в сочетании его с механизмами импульсной подачи электродной проволоки, выполненными на базе электромагнитного устройства и квазиволнового механического преобразователя. Сущность дуговой сварки с импульсной подачей электродной проволоки заключается в управлении характеристиками процесса за счет использования дополнительной силы, которая, будучи приложена к капле, резко изменяет характер плавления и переноса электродного металла аналогично импульсу электродинамической силы при традиционной импульсно-дуговой сварке. Такой силой в данном случае служит сила инерции, возникающая при ускоренном движении системы электрод—капля. Кроме обычных параметров сварку с импульсной подачей электродной проволоки характеризуют дополнительные параметры, главные из которых — шаг подачи и частота следования импульсов подачи. Осциллограммы силы тока и

напряжения свидетельствуют о высокой стабильности процесса дуговой сварки с импульсной подачей электродной проволоки. Периодичность переноса капель и их размер строго дозированы и зависят от параметров режимов импульсной подачи проволоки. В вариантах, зафиксированных на *рис. 2, а, б,* дуга горит непрерывно без коротких замыканий дугового промежутка.

Квазиволновой преобразователь, используемый в работе, изменял вращательное движение вала приводного электродвигателя на импульсное вращение роликов с последующей передачей этого движения проволоке. Такой механизм подачи использовали для сварки в CO_2 электродной проволокой сплошного сечения диаметром 1,2 мм, для наплавки самозащитной порошковой проволокой диаметром 3,0 мм, а также для сварки алюминиевого сплава АМг6 проволокой диаметром 1,2 мм. Показано, что применение механического модулятора для сварки в CO_2 заметно повышает устойчивость горения дуги, снижает разбрызгивание металла и улучшает формирование швов. Аналогичные преимущества процесса обнаружены при наплавке самозащитной порошковой проволокой и при сварке плавящимся электродом в аргоне алюминиевых сплавов толщиной 6–10 мм.

Комбинированный процесс плазменно-дуговой сварки. Испытан комбинированный процесс плазменно-дуговой сварки с раздельными сварочными ваннами и общим термическим циклом *(рис. 3)*. Первым по ходу сварки является плазмотрон *2*, обеспечивающий узкое и глубокое проплавление основного металла. Верхняя часть шва формируется за счет расплавленного металла электродной проволоки *1*. Плазма питается постоянным током прямой полярности от выпрямителя ВД–506ДК, имеющего штыковую вольт-амперную характеристику. Дуга с плавящимся электродом питается постоянным током обратной полярности от второго выпрямителя с жесткой вольт-амперной характеристикой. Электродная проволока подается механизмом ПДГО–511. Расстояние от оси плазмы до оси дуги составляет 30–50 мм. Изучено влияние параметров режимов комбинированного процесса плазменно-дуговой сварки на геометрию проплавления основного металла и свойства сварных соединений. Показано, что решающую роль в формировании швов играют сила плазменного тока, скорость сварки и расход плазмообразующего газа. Выбраны оптимальные параметры режимов плазменно-дуговой сварки применительно к низколегированным сталям толщиной 3–10 мм.

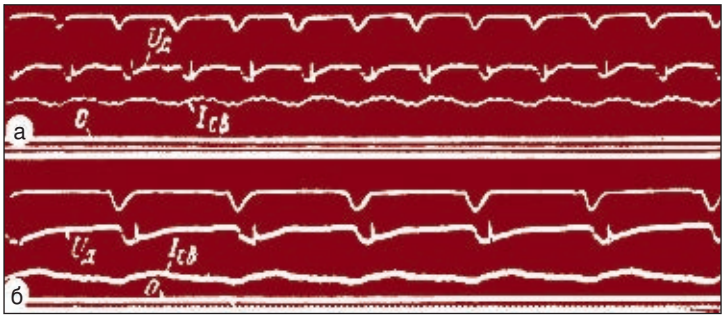


Рис. 2. Осциллограммы процесса дуговой сварки с импульсной подачей электродной проволоки: а — аргон, проволока Св–АМг6 диаметром 1,0 мм, $I_{св}$=100 А, $U_д$=20 В, $f_п$=50 имп/с; б — Ar+15% CO_2, проволока Св–06Х19Н19Т диаметром 1,6 мм, $I_{св}$=150 А, $U_д$=22 В, $f_п$=25 имп/с

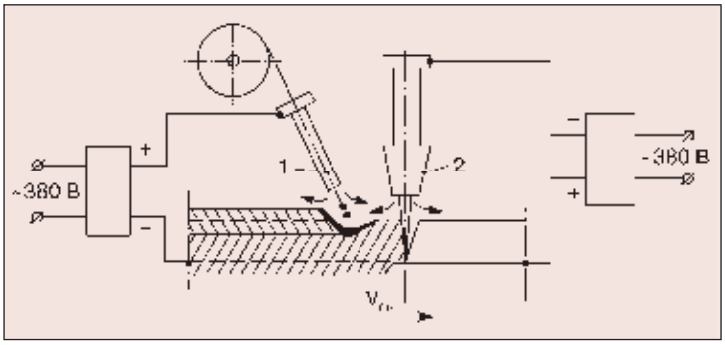


Рис. 3. Схема комбинированного процесса плазменно-дуговой сварки

Выявлены такие технологические преимущества комбинированного процесса в сравнении с обычной однодуговой сваркой:

- повышение производительности сварки в 1,5–2 раза;
- уменьшение зоны термического влияния;
- снижение расхода сварочных материалов (электродной проволоки, защитных газов);
- существенное улучшение качества швов и сварных соединений.

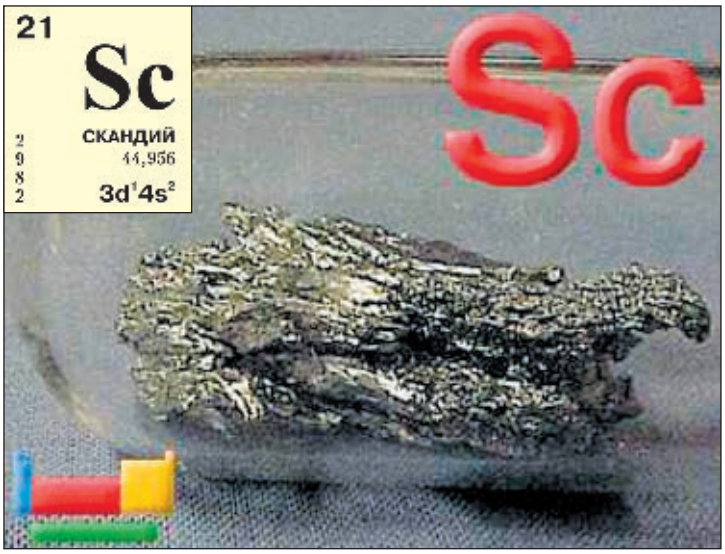
Дальнейшее развитие исследований в данном направлении связано с разработкой гибридного импульсного процесса плазменно-дуговой сварки, при котором плазма и дуга образуют общую сварочную ванну, а очередность подачи импульсов тока от отдельных источников нагрева синхронизована соответствующей системой управления. В этом случае также могут быть использованы полуавтомат ПДГО–511 и выпрямитель ВД–506ДК. Есть все основания предполагать, что описанное оборудование найдет широкое промышленное применение при изготовлении ответственных изделий в машиностроении, судостроении, энергетике и стройиндустрии. ● **#806**

Влияние скандия на физико-механические свойства жаро-износостойких газотермических покрытий

Е. К. Фень, канд. техн. наук, Национальный технический университет Украины «КПИ» (Киев)

Жаростойкие покрытия на основе никель-кобальт-хром-алюминий-иттрий с различным содержанием в них компонентов, а также с добавками других металлов (тантал, цирконий, гафний, ниобий и т. п.) для увеличения жаростойкости известны давно. Обычно такие покрытия, нанесенные детонационным или плазменным методами на детали машин и конструкций, работают при температурах до 900–1000 °С в различных областях техники. Нужно отметить, что Украина не располагает нужными запасами редкоземельных металлов (РЗМ), таких, например, как иттрий. Однако Украина обладает мировыми запасами руд с высоким процентным содержанием в них скандия. Поэтому в различных областях техники, где детали и конструкции работают при температурах выше 1000 °С, стоит задача полной или частичной замены РЗМ скандием, который может обеспечить высокие физико-механические свойства жаростойким покрытиям.

Известно, что добавки скандия приводят к существенному повышению физико-механических свойств материалов. Так, при введении скандия в количестве более 0,2 мас. % в алюминий при охлаждении существенно повышаются его прочностные свойства, благодаря равномерному распределению в матрице дисперсных интерметаллидных частиц. В настоящее время литературных данных об использовании скандия для получения жаростойких газотермических покрытий практически нет.



Целью данной работы была разработка жаро-износостойких порошковых материалов для газотермических (детонационных и плазменных) покрытий на основе Ni–Co–Cr–Al с добавками скандия или совместно скандия и иттрия, а также технологии их получения методом распыления из расплавов. Порошковые материалы наносили различными газотермическими методами на детали и конструкции изделий, работающих при температурах 1100–1200 °С и исследовали их основные физико-механические свойства.

Предложен метод легирования скандием разработанных материалов для покрытий (в виде лигатуры Al–Sc), который в несколько раз дешевле метода легирования данных материалов редкоземельными металлами.

Исследованы условия получения сплавов на основе Ni–Co–Cr–Al с различным содержанием в них основных компонентов, а также с добавками скандия или скандия и иттрия вместе взятых (в различных мас. % соотношениях между собой), а также с добавками тугоплавких соединений на основе карбидов и нитридов. Нужно отметить, что содержание скандия (или скандия и иттрия вместе взятых) в материале сплава составляет не более 1 мас. %. Основу сплава составляет никель, а содержание хрома и алюминия и их соотношение между собой выбирали с таким учетом, чтобы обеспечить формирование структур с содержанием в них 20–25% упрочняющих фаз.

Компоненты сплава, составляющие основу, расплавляли в индукционной печи в вакууме в алундовых тиглях, далее данный расплав распыляли азотом на экспериментальной установке УРС–40 ИПМ НАНУ для получения порошков с размером частиц 40–100 мкм.

Для нанесения покрытий были использованы детонационная установка АДУ–3СЛ

(или другие марки детонационных установок) с энергоносителем «метан—кислород—азот» или «пропан-бутан—кислород—азот», а также плазменная установка «Киев–7» с модернизированным плазмотроном для сверхзвукового метода нанесения данных покрытий и энергоносителями «метан—воздух» или «пропан-бутан—воздух».

Металлографические исследования, проведенные на микроскопе «Neophot–2», показали, что микроструктура данных жаро-износостойких покрытий, полученная сверхзвуковым плазменным методом нанесения, имеет слоистый характер, с эвтектической структурой исходного материала и фаз внедрения, являющихся базовыми карбидами или нитридами с высокой твердостью. При детонационном методе нанесения покрытий микроструктура имеет равномерный характер.

Рентгеноструктурные исследования, проведенные на дифрактометре ДРОН–3,0 в монохроматизированном $Mo_{K\alpha}$ излучении, показали, что основу жаро-износостойких материалов покрытий составляет γ-твердый раствор хрома в никеле с добавками твердофазных включений — карбидов или нитридов.

Определены основные физико-механические свойства покрытий, полученных из предлагаемых материалов. Прочность сцепления покрытий с основой определяли методом «конусного штифта» на разрывной машине МР–5. Для разных составов покрытий и подложек из разных сплавов она составляет 60–85 МПа.

Микротвердость покрытий измеряли на приборе ПМТ–3, она была 5,2–7,0 ГПа для эвтектических структур и 15,0–17,0 ГПа для карбидов или нитридов; твердость по Роквеллу, измеренная на приборе ТК–201, составила 67–69 ед.

Интенсивность изнашивания при сухом трении скольжении на воздухе при нагрузке 1 МПа и скорости скольжения 0,5 м/с (машина трения СМЦ–2, испытания согласно ГОСТ 26614–85) для разных компонентов в материале покрытий равна 11–20 мм^3/(1000 м·см^2). При этом коэффициент трения исследуемых материалов в зависимости от скорости скольжения и нагрузки не превышает 0,2–0,25. Испытания покрытий на износ при фреттинге проводили на машине трения МФК–1, используя пару образцов с одноименным покрытием, при следующих режимах: удельная нагрузка 20 МПа, амплитуда виброперемещений 0,1 мм, частота колебаний 30 Гц, температура испытаний T=20 °C, база испытаний $N=5\cdot10^5$ циклов. Износ материала покрытия (с разным процентным составом компонентов) равен 9–21 мкм.

Жаростойкость покрытия, т. е. кинетику высокотемпературного окисления, изучали методом ДТА на дифрактометре «Θ–1000» при скорости нагрева 10 °C/мин материала покрытия в интервале температур от 20 °C до 1000–1100 °C. Жаростойкость одного из разработанных покрытий за 6 ч испытаний при 1000 °C составила 1,5 г/м^2, а при 1100 °C — 2,0 г/м^2.

Результаты всех испытаний по определению среднего значения физико-механических свойств покрытий обрабатывали в соответствии с ГОСТ 23.211–80.

В процессе работы отмечено, что покрытия, содержащие скандий, и покрытия с иттрием (при одинаковом их процентном содержании) обладают одинаковыми физико-механическими свойствами, а покрытия, содержащие совместно скандий и иттрий (в таком же процентном отношении, как взятые в отдельности), имеют более высокие физико-механические свойства.

Рассмотренные материалы для газотермических покрытий и методы их нанесения могут найти широкое применение в различных областях техники, связанных с работой деталей машин и конструкций при высоких температурах. ● **#807**

NEW

Рейтинг инвестиционной привлекательности промышленных предприятий Украины

Рейтинговым агентством «Эксперт-Рейтинг» составлен рейтинг инвестиционной привлекательности промышленных предприятий Украины. В него вошли крупные промышленные предприятия, основа национальной экономики. В рейтинге представлены 50 предприятий, у лидера — «Укрнафта» — с общим баллом в рейтинге 25 при возможном максимальном 32 балла. Вторым в списке — ОАО «Арселор Миттал Кривой Рог», 24 балла. В рейтинг вошли также «Азовсталь» — 9-я строчка (18 баллов), меткомбинат имени Ильича — 10-е место (18 баллов), «Дзержинка» — 17-я позиция (17 баллов), Алчевский меткомбинат — 31-е место (15 баллов), Енакиевский меткомбинат — 37-е (14 баллов).

Рейтинговые баллы определялись на основе методики по группам факторов, таким как итоговая доходность, финансовая независимость, качество корпоративного управления, влияние конъюнктуры. Об этом сообщает газета «Металлург».

www.prometal.com.ua

Повышение износостойкости деталей автогрейдеров, изготовленных из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом

Е. Н. Крысов, Завод строительных дорожных и коммунальных машин,
Д. Б. Глушкова, В. И. Мощенок, ХНАДУ (Харьков)

В настоящее время высокопрочный чугун с шаровидным графитом (ВЧШГ) широко применяют в качестве материала для деталей, работающих в самых разнообразных условиях, что требует дифференцированного подхода к выбору марки чугуна, который бы обеспечивал требуемую работоспособность. Сочетание хороших литейных характеристик с высокими показателями коррозионной стойкости позволяет с большим успехом применять такие чугуны как менее дефицитный материал при изготовлении водо- и нефтегазопроводов, фитингов, клапанов, задвижек, используемых в химическом и нефтяном машиностроении, взамен стали и цветных металлов.

Коррозия на протяжении многих лет является одной из серьезных проблем в различных отраслях промышленности. Интенсивность возможного коррозийного поражения зависит от ряда факторов, в числе которых можно назвать химический состав и микроструктуру материалов, уровень рабочих напряжений, температуру эксплуатации. Снижение коррозионных потерь — основная проблема при проектировании конструкций и сооружений, работающих в агрессивных средах.

Существуют различные способы повышения стойкости материалов против коррозии, в том числе поверхностное легирование, химическая, химико-термическая обработка, объемное легирование и ряд других. К достоинствам этих методов можно отнести их высокую производительность и обеспечение высокой защитной способности при правильном, тщательном подборе режима обработки. Однако многие из этих способов не дают устойчивых промышленных результатов. Их реализация связана с большими временными затратами, трудоемкостью, необходимостью использования значительного количества дефицитных дорогостоящих металлов и сплавов.

Большинства этих недостатков лишен способ конденсации вещества в условиях ионной бомбардировки (КИБ), который получил широкое распространение, прежде всего, для увеличения износостойкости инструментальных сталей. Применение же этого способа для повышения эксплуатационных свойств высокопрочного чугуна (в частности, его коррозионной стойкости) сдерживается недостаточностью сведений о конкретных параметрах нанесения плазменных покрытий на изделия из ВЧШГ. Поэтому очевидна важность обоснованного выбора технологических параметров процесса конденсации вакуумно-плазменных покрытий (состава покрытий, давления реакционного газа, температуры нагрева рабочей поверхности и ряда других), обеспечивающих получение поверхностного слоя с необходимыми служебными свойствами.

Эффективное покрытие должно удовлетворять следующим требованиям: обладать высокой адгезией к подложке, иметь высокую когезионную прочность, низкую схватываемость с материалом контртела, высокую износостойкость и хорошую прирабатываемость, обеспечивать высокий и стабильный коэффициент трения.

В данной работе выбор состава покрытия и режимов нанесения диктовался, прежде всего, условиями работы деталей нефтепромыслового оборудования в процессе эксплуатации нефтяных скважин, а также рядом технологических соображений. Следует иметь ввиду, что получение равномерного плотного вакуумно-плазменного покрытия на чугуне представляет определенную сложность вследствие невысоких адгезионных способностей графитных включений. Диффузионный слой на них отличается повышенной хрупкостью и способностью к отслаиванию. Нарушение сплошности покрытия приводит к интенсивному коррозионному разрушению чугуна за счет ускоренного образования гальванических микропар на

границах диффузионной зоны с металлической матрицей и графитом. Однако при наличии дисперсных включений графита шаровидной формы, равномерно распределенных в чугуне, этот фактор ослабляется, и возможно образование на поверхности сплошного слоя с достаточной прочностью.

В качестве альтернативных покрытий для выбора были приняты покрытия из тугоплавких соединений на основе нитридов титана, молибдена и хрома *(таблица)*. Эти элементы не являются остродефицитными или очень дорогостоящими и получили распространение в промышленности. Имеются сведения о высокой защитной способности нитридных покрытий из соединений титана, молибдена и хрома в отдельных коррозионных средах, однако отсутствует систематизированный анализ результатов их воздействия в тех или иных условиях эксплуатации, не изучен вопрос об их коррозионной стойкости в различных нефтесодержащих средах.

Важнейшими технологическими параметрами процесса конденсации вещества в условиях ионной бомбардировки (КИБ) являются давление реакционного газа и температура рабочей поверхности, на которую наносят покрытие. На ВЧШГ плазменные покрытия наносили при давлении азота 0,4 и 1,0 МПа, что обеспечивало минимальное количество капельной фазы на осаждаемой поверхности.

Функция температуры весьма важна с точки зрения необходимого энергетического уровня, способствующего протеканию плазмохимических реакций. При низких температурах наблюдается тенденция отслаивания покрытия. Исходя из рекомендаций, содержащихся в литературе применительно к вакуумно-плазменным покрытиям нитридов титана, молибдена и хрома, обрабатываемую поверхность подвергали нагреву до 450–550 °С. Контроль температуры осуществляли с помощью образца-свидетеля с вмонтированной хромель-алюмелевой термопарой.

Значения остальных технологических параметров процесса конденсации вакуумно-плазменных покрытий определяли также исходя из необходимости получения напыленного слоя толщиной в пределах от 3 до 5 мкм, так как при больших значениях толщины происходит скалывание покрытия из-за плохой адгезии, а слой толщиной в 1–2 мкм обладает низкой защитной способностью.

Таблица. Свойства тугоплавких соединений, использованных в качестве покрытия на ВЧШГ

Параметр	*Состав*		
	TiN	*Mo_2N*	*CrN*
Тип решетки	Кубическая		
Период решетки, нм	0,423	0,4165	0,4148
Плотность, кг/м^3	5440	9440	6140
Температура плавления, °С	2950	895	1500
Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°С)	12,6	18,1	11,9
Коэффициент термического расширения, 10^6/°С	9,35	6,2	2,3

Нанесение покрытия осуществляли на установке «Булат–3Т» в две стадии. На первой стадии проводили нагрев, очистку и активацию поверхности подложки, на второй — в режиме конденсации наносили покрытие ускоряющими ионами в среде реакционного газа — азота.

Описанным способом были получены однослойные покрытия на основе нитридов титана, молибдена и хрома. Плазменное покрытие из высокопрочного чугуна с шаровидной формой графита наносили на ферритные и перлитные образцы. Конденсацию покрытий производили в следующих режимах:

- предварительная бомбардировка поверхности ионами катода, ускоренными до энергии 1–2 кэВ;
- конденсация покрытия на поверхность разогретого до 450–550 °С металла при парциальных давлениях реакционного газа — азота 0,4 и 1,0 МПа;
- остывание подложки до комнатной температуры.

Выбранные режимы позволили получить на поверхности ВЧШГ покрытия, имеющие хорошую адгезию с основным материалом, необходимую толщину, достаточную плотность и равномерность.

Для определения эффективности использования вакуумно-плазменного напыления высокопрочного чугуна с шаровидным графитом проводили исследования коррозионной стойкости. Для сравнения были выбраны чугуны, обработанные методом конденсации вещества с ионной бомбардировкой (КИБ), чугуны без покрытий и наиболее широко применяемые в производстве деталей нефтепромышленного оборудования стали — 45, 40Х, 30ХМА и 20Х2МФА. Две последние марки используют в настоящее время для работы в средах с содержанием сероводорода и углекислого газа до 6% каждого.

В качестве рабочей среды была применена вода, имеющая в своем составе 5% морской соли с содержанием ионов хлора, натрия, магния, кальция, калия и др. Такие среды являются наиболее агрессивными для несероводородосодержащих нефтяных скважин. Испытания проводили в статических условиях в течение 360 ч без подогрева рабочей жидкости. Последнее обстоятельство обусловлено невозможностью проведения корректных исследований в условиях подогрева, так как увеличение температуры рабочей среды привело бы к интенсивному испарению ионов морской соли, а следовательно, к частичной потере коррозионной активности используемой жидкости. Полученные результаты свидетельствуют о высокой степени защитной способности нитридных покрытий.

Все образцы с нанесенными вакуумно-плазменными слоями обладали более высокой коррозийной стойкостью, нежели чугуны и стали без покрытия. Наивысшую стойкость против коррозии показали покрытия на основе нитрата хрома, затем молибдена и титана. Обращает на себя внимание факт, что коррозионная стойкость чугунов с плазменным покрытием практически не зависит от структуры их металлической основы и давления азота при нанесении покрытия. В одних случаях более высокая коррозийная стойкость наблюдалась у чугунов с перлитной (ПВЧ), в других — с ферритной (ФВЧ) металлической матрицей.

Металлографические исследования образцов проводили с целью выяснения особенностей протекания процессов коррозии на поверхности. Во всех случаях характер коррозии был практически одинаков, форма коррозионных разрушений — квазиравномерной, а фронт коррозии располагался по всей площади контактирующей поверхности. Очагов концентрации коррозионной «активности» не обнаружено. Окисная пленка с высокой степенью адгезии в подавляющем большинстве образцов представляла собой тонкий, сравнительно равномерный и относительно плотный слой продуктов коррозийного воздействия. Лишь у чугунов без покрытия толщина его была больше, а плотность меньше.

В пятипроцентном водном растворе морской соли распространение коррозии в глубь металла происходило не по поверхности контакта графитных глобулей с матрицей, а равномерно по всей координирующей поверхности. Это можно объяснить следующими обстоятельствами. Агрессивность хлоридов обусловлена способностью анионов проходить через непроницаемые в других растворах слои продуктов коррозии. Из-за возросшей (по сравнению с обычной водой) проводимости раствора важную роль начинают играть гальванические эффекты. Вследствие высокой химической однородности полученных вакуумно-плазменных покрытий образование микрогальванических коррозионных элементов происходило практически одновременно и равномерно по всей поверхности контакта. Следовательно, и процессы коррозии развивались с близкими друг к другу по значениям скоростями. Высокая плотность чугуна и равномерность распределения в нем дисперсных графитных глобулей предопределили аналогичное коррозионное поведение ВЧШГ без нитридных покрытий.

Учитывая, что по мере роста давления азота от 0,4 до 1,0 МПа значительно снижается хрупкость покрытия при сохранении достаточно высокой его твердости, обработку деталей из высокопрочного чугуна целесообразного проводить при верхнем парциальном давлении реакционного газа. ● **#808**

NEW

Электроды Орловского завода получили сертификат УкрСЕПРО

Электродное производство Орловского завода успешно прошло обязательную сертификационную проверку на соответствие требованиям стандартов и технических условий. Сертифицировали продукцию специалисты Государственного предприятия «Научно-технический центр «СЕПРОЗ» Национальной академии наук Украины.

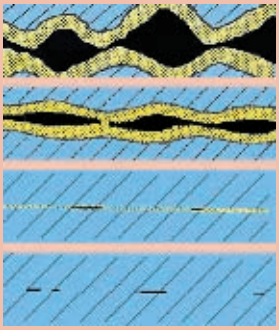
В ходе проверки был проанализирован весь производственный цикл — от соблюдения технологической дисциплины до испытания готовых изделий. Тестирование продукции прошло в независимой лаборатории органа по сертификации при Институте электросварки им. Е. О. Патона. Параллельно эксперты проверили систему менеджмента качества производства электродов и признали ее соответствующей требованиям национального стандарта Украины ДСТУ ISO 9001.

Это позволило выдать Орловскому заводу сертификат не на два года, как обычно, а на пять лет, до 2012 года.

Орловский метизный завод входит в состав компании «Северсталь-метиз», которая также контролирует Череповецкий и Волгоградский заводы в России, ОАО «Днепрометиз» в Украине (контролирует с февраля 2006 г.) и Carington Wire Limited в Великобритании (приобретен в апреле 2006 г.). Общий объем производства достигает 1,13 млн. т метизов в год. Товарный ассортимент насчитывает свыше 25 тыс. позиций.

www.ukrrudprom.com

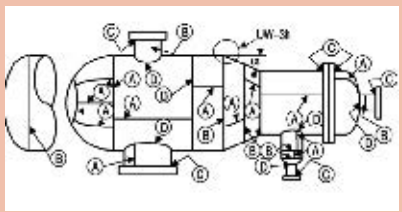
Содержание №2–2007 г. журнала ZVARAC



M. Turna
Диффузионная сварка

Принцип диффузионной сварки. Механизм создания соединения. Диффузионные процессы. Сварка без расслоения с определенным текучим межслойным промежутком. Развитие основ диффузионной сварки. Параметры и условия сварки. Оборудование для диффузионной сварки.

стр. 3



M Krivosik, J. Bezak
Визуальный контроль сварных соединений в соответствии с предписанием ASME Boiler and Pressure Vessel Code a AWS D 1.1

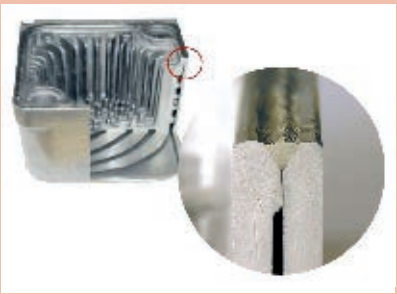
Изложена информация об американском нормативном документе ASME CODE, утвержденном для конструирования, изготовления и контроля котлов и сосудов давления, состоящих из 11 секций. Визуальный контроль элемента 9, секции V. Требования к описанному процессу.

стр. 25

Сварка без разбрызгивания

Процесс сварки CMT и сейчас является актуальным для ручной сварки. Изложены результаты испытаний на фирме Alstom LHB (Salzgitter). Восстановленные детали рельсовых машин подтверждают эффективность этих инновационных технологий компании «Фрониус».

стр. 46



F. Kolenic, I. Kovac, P. Blazicek
Электронно-лучевая сварка изделий из литого сплава AlSi12

Проблематика соединения сплава AlSi12, литого под давлением в промышленном производстве. Методика экспериментальных работ. Улучшение формирования сварочного шва, минимизация несплошностей в сварном шве.

стр. 11

Пражская машиностроительная выставка

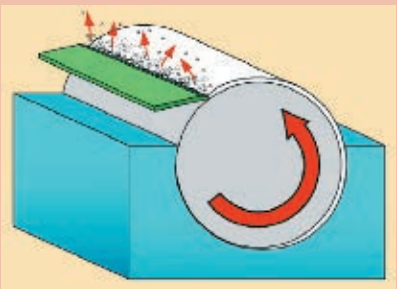
11 апреля 2007 в Пражском выставочном центре Letnany состоялась машиностроительная выставка. Более 250 фирм из 12 стран (Бельгии, Чешской Республики, Китая, Ирака, Италии, Молдовы, ФРГ, Польши, Словакии, Испании и др.) представили свою продукцию.

стр. 25

Сварочная школа в Жилине

В предыдущие годы SPP, a. s. специализировалась в области подготовки сварочного персонала, сертификации региональных партнеров. Для подготовки работников не хватало только курсов с программой, приближенной к практике. Специальные курсы готовят специалистов по конструированию, обслуживанию и реконструкции трубопроводов...

стр. 49



А. А. Кайдалов
Очистка поверхностей конструкционных материалов струей частиц льда

Очистка поверхностей. Принцип технологии очистки струей частиц льда. Техническая характеристика процесса. Экономика процесса. Перспективы развития.

стр. 19

«VAW Welding» (Sucany)

Выбор сварочного генератора — ответственная операция, особенно в том случае, когда происходят частые изменения производственной программы и видов изготавливаемых изделий. При выборе сварочного генератора необходимо определить требования к оборудованию. Нужно учитывать материалы...

стр. 33

R. Kolenak
Сварка трением

Сварка трением происходит подобно сварке под давлением с превращением механической энергии в тепловую. Техническая реализация процесса сварки трением несложная.

стр. 64

Актуальные проблемы электронно-лучевой сварки и смежных процессов в промышленности

За последние 15 лет в промышленности стран СНГ не происходило существенного обновления парка оборудования для электронно-лучевой сварки. Стали возникать проблемы с его эксплуатацией. Поэтому редакция журнала «Сварщик» по просьбе главных сварщиков ряда предприятий организовала круглый стол по данной проблеме с ведущими специалистами в этой области. Мы предложили участникам круглого стола подготовить ответы на наиболее важные вопросы, касающиеся рассматриваемой проблемы. Цель обсуждения — анализ состояния и перспектив развития процессов соединения и обработки высококонцентрированным электронным пучком конструкционных материалов в промышленности. Приводим мнения ***участников дискуссии****:*

А. А. Кайдалов,
д-р техн. наук,
зав. отделом
Научно-технического
комплекса «Институт
электросварки
им. Е. О. Патона»
(Киев, Украина)

В. А. Гейкин,
д-р техн. наук,
директор Научно-
исследовательского
института технологии
и организации
производства
двигателей
(Москва, Россия)

И. Л. Поболь,
д-р техн. наук,
зав. лабораторией
Физико-технического
института
(Минск, Беларусь)

В. К. Драгунов,
канд. техн. наук,
зав. кафедрой
технологии металлов
Московского энер-
гетического инсти-
тута — Технического
университета
(Москва, Россия)

Ю. В. Бутенко,
главный сварщик
Научно-
производственного
комплекса
газотурбостроения
«Зоря»-
«Машпроект»
(Николаев, Украина)

Редакция: *Оборудование для электронно-лучевой сварки, применяемое в промышленности стран СНГ, по информации многих главных сварщиков, имеет большой износ и редко обновляется из-за высокой его стоимости. Запасные части дорогие, а некоторые уже и не выпускаются. Есть ли перспективы применения данного технологического процесса?*

А. А. Кайдалов: Мощный аксиально-симметричный электронный пучок малого диаметра является высококонцентрированным источником сварочного нагрева. Интенсивность нагрева по сравнению с дуговой сваркой очень велика, что обеспечивает быстрое плавление и затвердевание свариваемого металла. Малая зона термического влияния, идеальная вакуумная защита сварочной ванны и сопутствующая высокая степень дегазации расплавленного металла, глубокое однопроходное проплавление, дистанционное ведение сварки и малые деформации сварного изделия (необходимы минимальные или нулевые припуски на механическую обработку сварных узлов), возможность сварки тонких и толстых деталей практически во всех типах конструктивных соединений, наиболее короткое время пребывания металла в расплавленном состоянии, полная воспроизводимость и управляемость процесса, высокое качество, высокая производительность, наименьшие эксплуатационные затраты являются основными достоинствами метода электронно-лучевой сварки. Сварной шов имеет минимальную ширину и высокие механические свойства. Наибольшая эффективность электронно-лучевой сварки проявляется при соедине-

нии толстостенных (30–200 мм) металлических конструкций, в том числе из тугоплавких и химически активных металлов. Электронно-лучевая сварка осуществляется в вакуумной камере и поэтому в принципе является экологически чистым процессом.

Электронно-лучевая сварка — известный технологический процесс, используемый в промышленности 30 стран мира. До 30% установок действует в Европе и около 50% — в США. Отрасли промышленности, где применяется электронно-лучевая сварка: автомобильная; авиационная; космическая; энергомашиностроение; судостроение; тяжелое и транспортное машиностроение; машиностроение для металлургии, химической и легкой промышленностей, добычи полезных ископаемых, сельского хозяйства; точная механика; инструментальная промышленность; приборостроение; медицинская промышленность; электротехника; электроника. Наибольшее количество установок работает в автомобилестроении. На некоторых крупных машиностроительных фирмах до 40% объема сварочных работ выполняется с помощью электронно-лучевой сварки.

Несмотря на высокую стоимость оборудования, трудоемкость и длительность подготовительных операций к электронно-лучевой сварке, опыт эксплуатации сварочных установок различного типа показал, что срок их окупаемости обычно не превышает двух лет. При этом установки для массового сварочного производства могут окупаться еще быстрее. ISF-Welding Institute (RWTH-Aachen University, ФРГ) выполнил сравнительный анализ сварки толстостенных труб большого диаметра длиной до 12 м (для газо- и нефтепроводов) несколькими методами сварки, который показал, что электронно-лучевая сварка является наиболее экономичным вариантом продольной сварки труб большого диаметра с толщиной стенки от 11 до 40 мм.

Существенное расширение промышленного использования электронно-лучевой сварки связано с возможностью эффективного производства с ее помощью изделий из конструкционных металлов и сплавов больших толщин (до 300 мм): сосудов высокого давления, корпусов ядерных и химических реакторов, контейнеров для ядерных отходов, корпусов подводных аппаратов, роторов паровых и газовых турбин, несущих конструкций сверхзвуковых самолетов. То, что электронно-лучевая сварка может быть финишной операцией при сварке металлов толщиной до 80 мм, также определяет перспективы ее успешного применения.

Таким образом, в машиностроении при изготовлении многих изделий электронно-лучевая сварка является или лучшим, или единственным технологическим процессом соединения деталей.

В. А. Гейкин: Сейчас благодаря применению электронно-лучевой сварки изготавливают роторные конструкции современных авиационных газотурбинных двигателей из высоколегированных титановых сплавов. В двигателях нового поколения объем применения электронно-лучевой сварки существенно возрастет за счет сварки последних ступеней компрессора высокого давления из никелевых сплавов. Это говорит о перспективности данного технологического процесса.

И. Л. Поболь: В Беларуси парк промышленного электронно-лучевого оборудования пока небольшой. Имеется одна установка в СП «Бакко Бисов» для электронно-лучевой сварки заготовок биметаллических пил и ножовочных полотен (95% которых экспортируется), две установки для электронно-лучевой сварки на Минском тракторном заводе. В Физико-техническом институте НАН Беларуси создан центр электронно-лучевых технологий. Наш многолетний опыт показал, что потенциальные потребители мало осведомлены о достоинствах и возможностях таких технологий, а также мало знают о таком широко применяющемся процессе, как электронно-лучевая сварка. Вместе с тем они охотно идут на промышленное опробование технологий электронно-лучевой обработки единичных образцов, опытных партий деталей, а затем переходят к серийному изготовлению изделий в нашем Центре. Часть пользователей уже готова приобрести оборудование для электронно-лучевых технологий.

В. К. Драгунов: В настоящее время в лабораториях кафедры технологии металлов есть четыре установки для электронно-лучевой сварки мощностью 5, 15, 45 и 60 кВт с объемом вакуумных камер 0,4–4,2 м^3, где проводятся исследования по разработке прецизионных технологий получения неразъемных соединений из сталей разных структурных классов, сплавов на основе меди, титана, алюминия и др., а также разнородных материалов. Эти работы выполняют по заказам ведущих предприятий различных отраслей промышленности.

Кафедра на протяжении многих лет выпускает инженеров по специальности «Машины и технология высокоэффективных процессов обработки материалов», основу которой составляет электронно-лучевая обработка. Таким образом, на сегодняшний день есть спрос и на высокие технологии, и на подготовку кадров. Поэтому, не говоря даже о преимуществах электронно-лучевой сварки по сравнению с традиционными методами сварки, можно заключить, что этот технологический процесс имеет неплохие перспективы развития.

Ю. В. Бутенко: Технология электронно-лучевой сварки дает возможность высококачественно соединять практически все детали и узлы газотурбинных двигателей. В свою очередь конструкция новых газотурбинных двигателей (например, ДН–80, ДГ–90, ГТД–110 и их модификации) разработана благодаря возможности соединения деталей с помощью сварки электронным пучком. На нашем предприятии около 90% сварки выполняется электронным пучком и альтернативы этому процессу нет. Определяющими факторами при этом являются минимальные деформации и остаточные напряжения, высокие механические и прочностные (практически на уровне свойств основного металла) характеристики сварных соединений.

Таблица. Сравнение технологий аргонодуговой и электронно-лучевой сварки корпуса ротора 080028007 *(рис. 1)*

Характеристика и параметры сравнения	*Аргонодуговая сварка*	*Электронно-лучевая сварка*
Технология сварки кольцевых швов	1. Сварка деталей 2, 3, 4. 2. Термообработка. 3. Механическая обработка — снятие фасок на деталях 2 и 4. 4. Сварка подузла с деталями 1 и 5. 5. Термообработка	1. Сварка всех кольцевых швов за одну откачку камеры. 2. Термообработка
Технология сварки продольных швов	1. Приварка к корпусу деталей 6 и 9. 2. Термообработка. 3. Приварка к корпусу деталей 7 и 8. 4. Термообработка	1. Приварка к корпусу деталей 6, 7, 8, 9 за одну откачку камеры. 2. Термообработка
Общее время сварки	16 ч	5,5 ч
Усадка по высоте	8 мм	2 мм
Деформации: кольцевых швов разъемов	 4 мм 10 мм	 — 2 мм
Затраты материалов: сварочной проволоки защитного газа	 34 кг 1620 л	 — —
Общая масса поковок	654 кг	582 кг

Пример, показывающий преимущества электронно-лучевой сварки конкретной детали газовой турбины, приведен в *таблице*.

Как видно из этого примера, электронно-лучевая сварка действительно намного более производительна, чем традиционная аргонодуговая сварка, и более экономична (нет расходных материалов, заготовки имеют меньшую массу, а изделия — минимальные деформации).

Редакция: *Появляются ли новые задачи в промышленности, которые необходимо решать с использованием электронно-лучевой сварки и смежных процессов?*

В. А. Гейкин: Новой перспективной задачей применения электронно-лучевой сварки в производстве авиационных газотурбинных двигателей является изготовление и ремонт моноколес компрессоров высокого и низкого давления из титановых сплавов.

И. Л. Поболь: В последнее время у нас по заказам предприятий успешно выполняются работы по инженерии поверхности, наплавке, пайке, получению капельных материалов с применением электронно-лучевого воздействия.

В. К. Драгунов: Одним из направлений повышения качества и снижения металлоемкости изделий является использование новых материалов с заданным комплексом свойств и эффективных технологий их обработки. Однако затраты на дорогостоящие материалы могут в значительной мере сдерживать выпуск новой продукции. Одним из способов удешевления является переход к комбинированным конструкциям. Соединение разнородных металлов и сплавов рационально в тех случаях, когда это необходимо по конструктивным требованиям (например, в термоэлектрических элементах и роторах электрических машин), а также для снижения массы изделий, что требуется при изготовлении конструкций аэрокосмической техники и в судостроении.

Использование новых технологических разработок в области электронно-лучевой сварки разнородных сталей и сплавов дает возможность решать новые задачи по созданию принципиально новых комбинированных конструкций, таких как роторы и валы из ферро- и парамагнитных сталей и сплавов, биметаллические токосъемные кольца, подшипники скольжения и т. п.

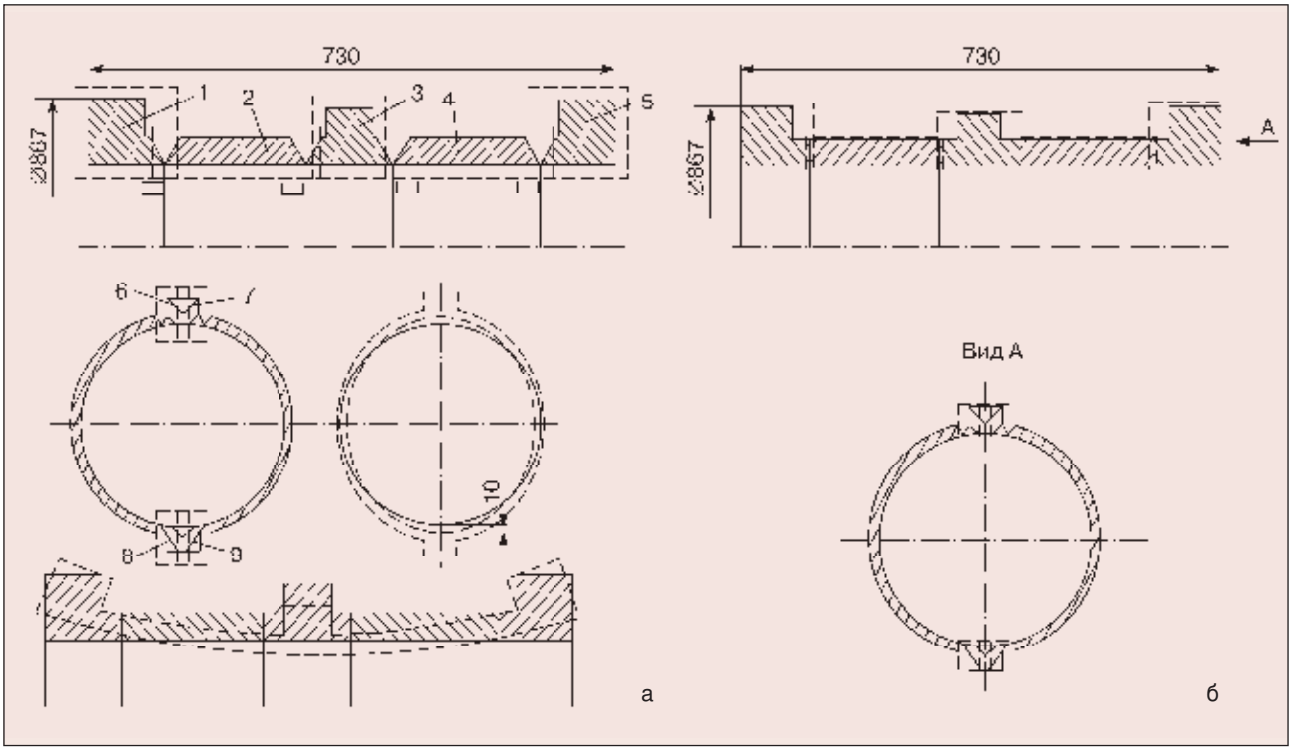


Рис. 1. Корпус ротора 080028007 из сплава ЭП609 с толщиной стенки 30 мм (пунктиром показаны заготовки деталей под сварку и деформации узла после аргонодуговой сварки): а — вариант с аргонодуговой сваркой, б — вариант с электронно-лучевой сваркой

Немало имеется и других новых задач в промышленности. Например, сварка колес, входных и обратных направляющих аппаратов новых конструкций центробежных компрессоров, большое количество деталей и узлов новых изделий в авиастроении и энергомашиностроении и т. д. Все эти задачи наиболее качественно и экономично могут быть решены именно с помощью электронно-лучевой сварки.

Ю. В. Бутенко: В прошлом году на нашем предприятии была поставлена задача изготавливать диск ротора газотурбинного двигателя с помощью электронно-лучевой сварки. Соответствующая технология сварки была разработана. Проведенные разгонные испытания сварного диска подтвердили отсутствие существенного влияния остаточных напряжений на его прочность. Таким образом, после электронно-лучевой сварки нет необходимости осуществлять дополнительные операции по снятию остаточных напряжений.

Редакция: *Поскольку оборудование для электронно-лучевой сварки дорогое, налажен ли выпуск запасных частей для продления срока эксплуатации имеющегося в промышленности сварочного оборудования?*

А. А. Кайдалов: Выпуск и поставку быстроизнашивающихся запасных частей (детали катодного узла и другие детали и узлы сварочных электронных пушек) установок советского и постсоветского производства осуществляют организации-разработчики, предприятия-изготовители энергоблоков и установок для электронно-лучевой сварки и предприятия малого бизнеса. Трудности есть с поставкой пролетных пентодов ПП1 и ПП2 для высоковольтных источников питания типа ЭЛА производства ОАО «СЭЛМИ» (Сумы, Украина) и высоковольтных кабелей типа 4КВЭЛ110 и 4КВЭЛ165 и некоторых других изделий. Это связано, во-первых, с монополизмом их производителей, во-вторых, с отсутствием достаточного спроса на них, а в-третьих, с появлением новых технических решений, при этом разработчики и изготовители не уделяют должного внимания устаревающей технике. Поскольку наступает пора нового поколения высоковольтных источников питания, то вряд ли улучшится ситуация с производством пролетных пентодов ПП1 и ПП2 и другой элементной базы, т. к. в новой технике они уже не используются. А вот высоковольтные кабели производства западных компаний с малой погонной емкостью (150–190 пФ/м) полностью могут снять проблему замены старых или вышедших из строя кабелей.

Редакция: *Как увеличить эффективность использования имеющегося парка оборудования для электронно-лучевой сварки?*

В. А. Гейкин: Использование аксиально-симметричных электронных пучков для иных (кроме сварки) технологических операций существенно повышает эффективность дорогостоящего электронно-лучевого оборудования, если оно не имеет постоянной загрузки сварочными работами. С другой стороны, унифицированность оборудования позволяет осваивать новые технологические процессы в промышленных условиях. В последние годы стали применять сварочные установки для других технологических процессов. К таким процессам относятся модифицирование поверхностных слоев материалов (оплавление, закалка, повышение адгезии и свойств напыленных покрытий, очистка), локальная термообработка или зональный отжиг, наплавка, резка, термическое сверление, пайка, гравировка. Эти технологии не требуют дорогостоящей модернизации сварочного оборудования и обеспечивают максимальную эффективность его использования в производственных условиях.

Редакция: *Ведется ли сейчас разработка новых технологических процессов, технологических приемов, технических решений, приборов, вспомогательного оборудования и других компонентов сварочных установок?*

В. К. Драгунов: Для создания новых и совершенствования существующих технологических процессов изготовления конструкций из разнородных материалов нами предложены новые технические решения:

- методика выбора материалов для изготовления комбинированных конструкций, разработанная на основе анализа их свариваемости, режимов термической обработки, а также механических, теплофизических, электромагнитных и других специальных свойств;
- методы определения степеней проплавления кромок разнородных материалов и режимов сварки, гарантирующие требуемый химический состав, структуру и свойства сварных соединений;
- способы электронно-лучевой сварки и наплавки разнородных материалов, а также способы одновременной электронно-лучевой и дуговой сварки, повышающие стабильность формирования и качество соединений;
- схемы рационального построения технологического процесса.

Кроме того, на кафедре технологии металлов Московского энергетического института проводят работы по исследованию взаимодействия электронного пучка с плазмой дугового разряда с целью создания принципиально нового источника теплоты. По результатам этих исследований разработан и запатентован способ двусторонней одновременной сварки электронным пучком и дуговым разрядом в вакууме, позволяющий значительно снизить количество корневых дефектов при электронно-лучевой сварке толстостенных деталей, а также улучшить формирование швов при сварке разнородных металлов.

За последнее время разработана новая техника и технология, позволяющая проводить сварку и обработку в труднодоступных местах изделий. Предложен комплекс прецизионных технологий электронно-лучевой сварки тонкостенных изделий из тугоплавких металлов и сплавов, в том числе монокристаллических. Большой практический интерес представляет атлас структур сварных соединений для оценки качества сварки при монтаже и ремонте энергетического оборудования.

И. Л. Поболь: В нашем институте разработаны методы формирования заданных структурно-фазовых состояний и свойств поверхностных и переходных слоев, обеспечивающие:

- придание деталям из сталей и сплавов титана, в том числе с предварительно нанесенными покрытиями таких сочетаний свойств, которые невозможно достичь иными методами объемного и поверхностного упрочнения;
- получение высокопрочных паяных соединений однородных («металл — металл») и разнородных («сверхтвердый материал — металл») материалов.

Разработаны также технологии электронно-лучевого оплавления поверхности заготовок для:

- рафинирования материала, изготовления и восстановления инструмента из сталей горячего деформирования;
- очистки поверхностного слоя и регенерирования мишеней-катодов (из хрома, титана, циркония, сплавов титана с хромом, алюминием, цирконием), применяемых в дуговых и магнетронных системах распыления;
- повышения износостойкости режущего инструмента с многокомпонентными покрытиями;

- увеличения процента выхода годных изделий электроники.

А. А. Кайдалов: Созданы развитые системы управления и контроля, высоковольтные инверторные источники питания, устройство размагничивания крупногабаритных изделий путем пропускания через него импульсного электрического тока, технологии резки электронным пучком сталей и титановых сплавов.

В. А. Гейкин: НИИД совместно с ОАО «Электромеханика» (г. Ржев Тверской обл.) разрабатывает новую установку для пайки электронным пучком теплообменных аппаратов авиационных газотурбинных двигателей.

Редакция: *Возможна ли частичная модернизация действующих установок для электронно-лучевой сварки?*

И. Л. Поболь: Да, возможна. Имеющаяся в нашем Центре электронно-лучевых технологий установка для электронно-лучевой сварки с энергоблоком ЭЛА–15, например, дополнена компьютерной системой управления разработки НТК «Институт электросварки им. Е. О. Патона» (Киев) и НПООО «Техномашприбор» (Львов). Это дало возможность программировать и точно управлять процессом сварки, а также осуществлять процессы пайки и упрочнения поверхности электронным пучком.

Ю. В. Бутенко: Дополнение сварочных установок выпуска 1970-х гг. системами программного управления позволяет обеспечить полную воспроизводимость процесса сварки, документирование и более быструю разработку технологий сварки новых изделий. Часть парка электронно-лучевого оборудования нашего предприятия модернизируется таким образом. Кроме того, мы заменяем старые механизмы перемещения свариваемых изделий и электронных пушек новыми, более точными, с программным управлением. Это позволяет повысить качество сварных швов и снизить долю брака. Но для более серьезной модернизации необходима поддержка ведущих научных организаций.

А. А. Кайдалов: Действующие сварочные установки могут быть оснащены компьютерными системами управления, наблюдения за зоной сварки и слежения за стыком. Такие системы позволят осуществлять и процессы модифицирования поверхности, локальной термообработки, наплавки, пайки, гравировки. Если одновременно модернизировать системы перемещения изделия или электронной пушки, электронно-оптическую систему, то можно выполнять также процессы резки, термического сверления. Модернизация вакуумной системы путем замены вакуумных насосов советского производства более высокопроизводительными и экологически чистыми (особенно «сухими» насосами) производства западных компаний (Pfeiffer Vacuum GmbH, ФРГ; Oerlikon Leybold Vacuum GmbH, ФРГ; Boc Edwards, Великобритания) позволит резко повысить производительность технологических процессов на старых установках.

В. А. Гейкин: Да, возможна. Приведу пример. До недавнего времени НПО «Сатурн» (г. Рыбинск Ярославской обл.) располагало установками для электронно-лучевой сварки отечественного производства первого поколения ЭЛУ–5, ЭЛУ–9Б, ЭЛУ–9КУ, ЭЛУ–10А, ЭЛУ–25 и второго поколения ЭЛУ–20. Такие установки позволяли сваривать лишь ограниченную номенклатуру деталей (максимальный диаметр свариваемой кольцевыми швами детали — до 800 мм, торцевыми швами — до 900 мм, толщина детали — до 25 мм и масса — до 900 кг).

Силами предприятия была проведена модернизация установок ЭЛУ–10 и ЭЛУ–25. На ЭЛУ–10 установили энергоблок ЭЛА–60Б производства ОАО «СЭЛМИ» (Сумы, Украина), позволяющий производить качественную сварку деталей толщиной до 60 мм из сталей мартенситного класса (ЭП609, ЭИ961, ЭП866). Установленный на ЭЛУ–10А новый манипулятор оснащен механизмом с планшайбой, ось вращения которой может перемещаться по высоте на 700 мм. Это позволило изменять высоту центра свариваемой детали для обеспечения требуемого фокусного расстояния. Проведенная модернизация существенно расширила диапазон возможностей сварки кольцевыми швами деталей, имеющих массу до 3–4 т и диаметр до 1700 мм, а торцевыми швами — деталей диаметром до 900 мм на манипуляторе и до 1500 мм на задней опоре.

Однако модернизация этих установок не смогла решить все проблемы, связанные со сваркой деталей больших размеров и массы. Пришлось заказывать новую установку ЭЛУР–1АТ. Установка позволяет сваривать изделия диаметром до 3,2 м, высотой до 1,8 м, толщиной 110 мм и массой (с оснасткой) до 10 т. Она оснащена двумя энергоблоками ЭЛА–60Б, компьютерной системой управления СУПЭЛ, двумя системами

РАСТР для наблюдения на экранах мониторов за процессом формирования сварного шва и контроля точности автоматического совмещения электронного пучка со стыком свариваемых деталей. Но и эта установка может быть модернизирована в случае необходимости.

Модернизация существующего парка установок для электронно-лучевой сварки и обработки деталей и узлов газотурбинных двигателей на предприятиях авиационного двигателестроения России является неизбежным, необходимым и эффективным процессом, т. к. закупка зарубежного оборудования не всегда возможна из-за его высокой стоимости.

Редакция: *Возможно ли в современных условиях провести полное техническое перевооружение?*

А. А. Кайдалов: В нынешних условиях это вполне реально, что обусловлено двумя основными причинами: во-первых, преодолен критический порог в развитии машиностроения в СНГ и, во-вторых, по каждой функциональной системе установок для электронно-лучевой сварки созданы новые поколения оборудования. При этом, как ни странно, стоимость их может быть ниже, чем стоимость аналогов из предыдущего поколения.

В Словакии фирмой «Prva Zvaracska a. s.» (Братислава) в содружестве с Институтом электросварки им. Е. О. Патона создан малогабаритный высоковольтный инверторный (транзисторный вариант) источник питания для работы со сварочными электронными пушками триодного типа с катодами косвенного подогрева (типа ЭЛА, УЛ–119 и др.) разработки Института электросварки им. Е. О. Патона (Киев, Украина). Новый источник питания имеет быстродействующую систему защиты от высоковольтных пробоев, компьютерную систему управления и контроля. Есть модели источника с регулируемым ускоряющим напряжением 30–60 кВ мощностью 5 кВт и 15 кВт *(рис. 2)*. К концу 2007 г. будет создана модель мощностью 30 кВт. Возможен выпуск модификаций таких источников для работы с электронными пушками, имеющими катоды других типов (например, прямонакальные). По техническим характеристикам такой класс источников питания превосходит все известные модели источников в СНГ и в ведущих фирмах Европы. Стоимость их в 2–3 раза ниже, чем источников питания прошлого поколения производства СНГ.

Различными фирмами и организациями созданы безмасляные форвакуумные и высоковакуумные насосы, высокоточные модули механического перемещения в вакууме, компьютерные системы наблюдения, слежения за стыком, диагностики функциональных систем и электронного пучка,

Рис. 2. Высоковольтный инверторный (рабочая частота 10 кГц) источник питания мощностью 15 кВт

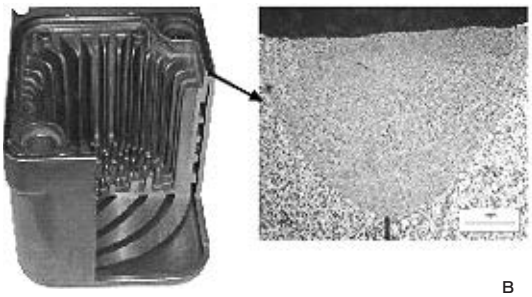


Рис. 3. Некоторые типы установок для электронно-лучевой сварки изделий массового производства, созданные в «Prva Zvaracska a. s.»: а — установка для сварки теплообменников котлов; б — установка для сварки автомобильных теплообменников и шестерен; в — сварной теплообменник из алюминиевого сплава и макрошлиф поперечного сечения сварного шва

управления электронным пучком, современные устройства размагничивания крупногабаритных изделий. Развиты и продолжают совершенствоваться новые катодные узлы для электронных пушек. Разрабатываются новые приборы дополнительного ультразвукового воздействия на процессы сварки и другие термические процессы, улучшающие качество металла в зонах фазового превращения. Все эти достижения могут быть использованы при создании новых установок для конкретных задач промышленности.

Научно-технический комплекс «Институт электросварки им. Е. О. Патона» совместно со словацкой фирмой «Prva Zvaracska a. s.» готовы выполнять заказы на разработку и поставку комплектных установок для электронно-лучевой сварки *(рис. 3)* или проводить модернизацию действующих сварочных установок, а также разрабатывать технологические процессы. ● **#809**

От редакции: *Из проведенного обсуждения можно сделать вывод, что электронно-лучевые технологии, несмотря на многолетний спад машиностроения в странах СНГ, продолжали и продолжают успешно развиваться благодаря усилиям ведущих ученых и специалистов. Однако инженеры, главные специалисты и руководители промышленных предприятий недостаточно осведомлены о достижениях в этой области техники. Видимо, это связано с тем, что в рамках СНГ с 1993 г. не проводятся научно-технические конференции по электронно-лучевой сварке и смежным процессам, а в соответствующих журналах публикуется мало технической информации.*

В ноябре этого года исполняется 50 лет с того времени, как в печати появилось первое сообщение о методе электронно-лучевой сварки. В связи с этим редакция желает ученым и специалистам из стран СНГ, работающим в области электронно-лучевой сварки, плодотворной творческой и практической работы в этой сложной и нужной сфере технических знаний. Приглашаем всех их выступить на страницах журнала «Сварщик» со статьями о современных достижениях в электронно-лучевых технологиях, оборудовании, методиках исследований, стандартизации и подготовке кадров.

Редакция благодарит участников дискуссии за сотрудничество и полезную информацию.

Дискуссию организовали и провели
канд. техн. наук ***Б. В. Юрлов****, инж.* ***В. В. Сипко.***

Промышленная вентиляция. Часть 2

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

Как показала практика, применение только общеобменной вентиляции, особенно в сварочных цехах, не обеспечивает требуемой чистоты воздуха. Более эффективной является местная вытяжная вентиляция или ее комбинация с общеобменной.

Общеобменная вентиляция предназначена для замены загрязненного воздуха на чистый во всем объеме помещения. Ее применяют, когда вредные выделения поступают непосредственно в воздух помещения и когда рабочие места расположены по всему помещению. Виды общеобменной вентиляции: естественная, механическая и смешанная.

Подавляющее большинство производственных помещений оборудованы общеобменной механической вентиляцией, которая удаляет воздух из помещения с помощью осевых вентиляторов *(рис. 1)*. Ее применяют, когда невозможно использовать местную вентиляцию. Общеобменную механическую вентиляцию на машиностроительных предприятиях выполняют в виде приточно-вытяжных систем.

Основные элементы общеобменной вентиляции: воздухораспределительные элементы и заборные устройства; воздуховоды, сети, магистрали; вентилятор; системы обработки воздуха, подаваемого в помещение для вентиляции; устройства для забора воздуха из атмосферы приточной вентиляцией; фильтры и другие очистительные устройства; устройство для выброса воздуха в атмосферу.

Местная вентиляция. При значительных объемах производственных помещений и небольшом количестве работающих на постоянных рабочих местах технически обоснованно и экономически целесообразно создавать необходимые климатические условия и чистоту воздуха непосредственно на этих рабочих местах с помощью местных способов вентиляции — вытяжной (локализованной), приточной (душирование) и др.

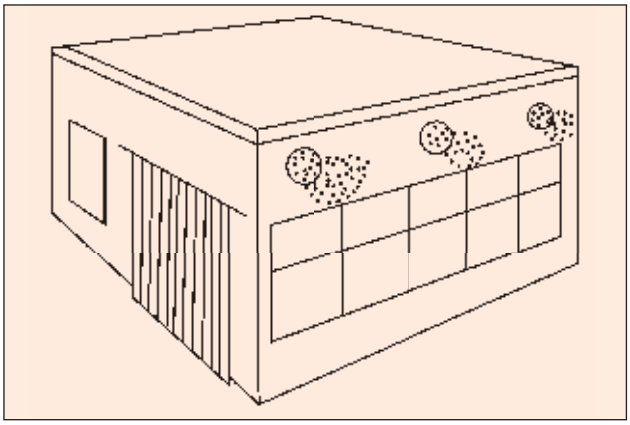


Рис. 1. Общеобменная вентиляция помещения

Систему ***вытяжной (локализованной) вентиляции*** применяют для улавливания вредных выделений в месте образования и удаления их, что предотвращает их распространение по всему помещению.

Конструктивно местные отсосы могут быть полностью закрытыми, полуоткрытыми или открытыми. Наиболее эффективными являются закрытые отсосы. Разновидностью местной вытяжной вентиляции является аспирация, которая служит для удаления вредных веществ с места их образования путем отсасывания загрязненного воздуха от герметизированного оборудования. Если по техническим причинам такие конструкции применить невозможно, то используют полуоткрытые и открытые отсосы: вытяжные зонты и панели, а также другие устройства.

Например, над оборудованием с вертикальными потоками нагретого загрязненного воздуха устанавливают зонты *(рис. 2, а)*, при наличии горизонтальных потоков воздуха — бортовые отсосы. Угол раскрытия зонта – не больше 60°. Допускается увеличивать его до 90°. Для удаления аэрозолей и газов от открытых источников загрязнения на предприятиях устанавливают также отсасывающие панели *(рис. 2, б)*.

Местная ***приточная вентиляция*** улучшает микроклимат в ограниченной зоне помещения. К ней принадлежат воздушные души, оазисы, завесы.

Воздушное душирование — подача охлажденного приточного воздуха в виде струи, направленной на рабочее место. Воздушное душирование используют:

- когда на рабочего действует лучистая теплота с интенсивностью 350 Вт/м^2 и больше (стационарные печи, дезодораторы, экстракторы и т. п.);
- при открытых технологических процессах с выделением в рабочую среду вредных газов и аэрозолей;
- когда невозможно или нецелесообразно применение общеобменной вентиляции, а также когда местная вытяжная и общеобменная вентиляции не обеспечивают на рабочем месте необходимые параметры воздушной среды.

Воздух для душирования в небольших объемах подается из отдельных установок, независимых от систем приточной вентиляции. Температуру и скорость воздуха определяют интенсивность теплового излучения, тяжесть выполняемых работ и период года. Значения этих параметров находятся в пределах соответственно 16–21 °С и 0,5–3 м/с.

Приточную механическую вентиляцию применяют для устройства не только воздушного души-

рования, а и так называемых *«воздушных оазисов»*, когда холодным воздухом «затапливаются» отдельные зоны цеха. В этом случае подается значительное количество воздуха с малой скоростью, чтобы оно меньше перемешивалось с нагретым воздухом.

Для защиты рабочих от внешнего холодного воздуха, который поступает в помещение через открытые ворота, дверь и др., предусматривают *воздушные тепловые завесы*. Воздушные тепловые завесы проектируют в отапливаемых промышленных зданиях и помещениях, когда по условиям эксплуатации транспортные ворота или двери на протяжении продолжительного времени бывают открытыми, при наличии помещений с кондиционированием воздуха или со значительным влаговыделением, а также при расположении постоянных рабочих мест вблизи от входной двери.

Существует несколько схем воздушных завес. Для широких транспортных ворот обычно устраивают завесы с нижней подачей подогретого очищенного воздуха под давлением. Возле входной двери, как правило, устраивают воздушные завесы с боковой подачей воздуха.

Воздушные завесы устраивают также между цехами или отделениями для предотвращения поступления загрязненного воздуха через технологические прорези в строительных конструкциях.

Комбинированная система вентиляции объединяет элементы местной и общеобменной вентиляции. Локализированная система удаляет вредные вещества местными отсосами, а часть вредных веществ, которые вследствие различных причин не попала в местные отсосы, поступает в помещение и удаляется общеобменной вентиляцией.

Кондиционирование воздуха. Наиболее совершенной системой механической вентиляции является кондиционирование воздуха для искусственного создания оптимальных параметров микроклимата в производственных помещениях или на рабочих местах. Необходимость наличия оптимальных параметров микроклимата (температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха) обусловлена санитарно-гигиеническими или технологическими требованиями производства. Создание и поддержание постоянных или изменяемых по заданной программе определенных параметров воздушной среды проводится автоматически независимо от изменения внешних метеорологических условий и осуществляется специальными установками — кондиционерами.

Кондиционеры бывают полного и неполного кондиционирования воздуха. *Установки полного кондиционирования* воздуха обеспечивают не только оптимальные параметры микроклимата, но и чистоту воздуха. Кроме этого, в ряде случаев воздух проходит дополнительную обработку: ионизацию, дезодорацию, озонирование и т. п. *Установки неполного кондиционирования* поддерживают только некоторые параметры микроклимата.

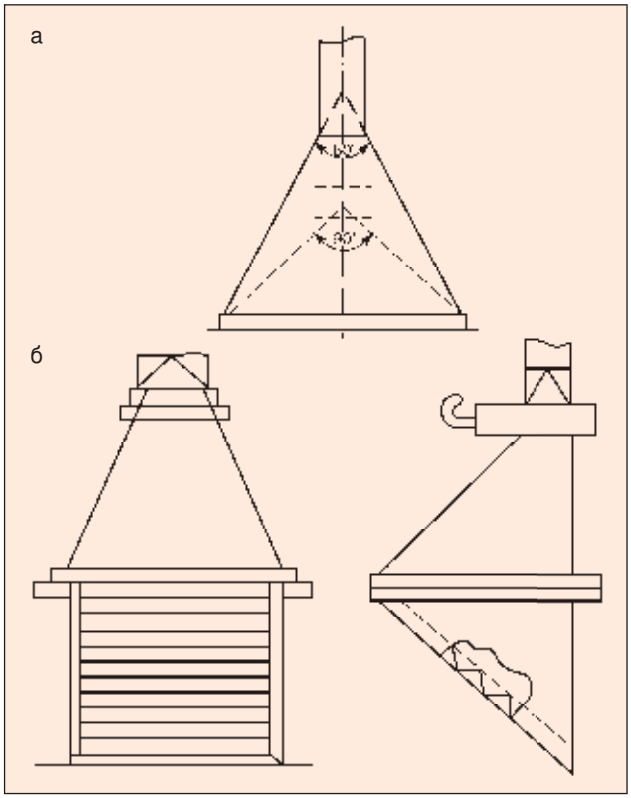


Рис. 2. Основные конструкции местной вытяжной вентиляции: а — зонт; б — панель равномерного всасывания

Несмотря на явные преимущества кондиционирования воздуха перед другими системами вентиляции, следует учитывать значительные материальные затраты при его применении.

Аварийная вентиляция. В некоторых производственных помещениях возможно внезапное поступление в воздух большого количества вредных или взрывоопасных газов и паров (например, ацетилена, природного газа и других, паров бензина и т. п.).

Для быстрой замены воздуха в помещении на случай аварии предусматривают систему аварийной вентиляции, которая должна включаться автоматически при достижении допустимой концентрационной границы вредных или опасных выделений. Обычно для этого используют осевые вентиляторы.

Производительность аварийной вентиляции определяется технологической частью проекта. При отсутствии этих данных следует предусматривать такую производительность аварийной вентиляции, чтобы она вместе с основной вентиляцией обеспечила в помещении 8–12-кратный обмен в час.

В помещениях насосных и компрессорных станций производственных категорий А, Б (взрывопожароопасные) и Е (взрывоопасные) аварийная вентиляция должна обеспечить 8–12-кратный воздухообмен в час в дополнение к воздухообмену, который создают системами основной вентиляции. ● **#810**

Автоматический контроль сетей электропитания технических средств для повышения уровня безопасности труда

В. А. Глыва, В. И. Клапченко, кандидаты техн. наук, Киевский национальный университет строительства и архитектуры, **И. Н. Ковтун,** канд. техн. наук, **Е. Ю. Коростелева, В. А. Кузьминых,** канд. техн. наук, НТУУ «КПИ» (Киев)

Наличие на производстве мощных электропотребителей с изменяющейся во времени и сложной по спектральному составу электрической нагрузкой, использование оборудования с импульсными источниками электропитания делает актуальной задачу автоматического, непрерывного контроля состояния силовых электрических сетей и связанных с этими нагрузками гигиенически значимыми уровнями магнитных полей. Осуществление такого контроля способствует повышению уровня безопасности труда и повышению стабильности работы оборудования, дает возможность своевременно устранять и предупреждать аварийные ситуации на производстве.

На основании обобщения результатов исследований последних лет, проведенных как в Украине, так и за рубежом, можно констатировать, что монтаж силовых сетей и средств аварийной защиты в соответствии с действующими нормативами не гарантирует электромагнитной безопасности персонала.

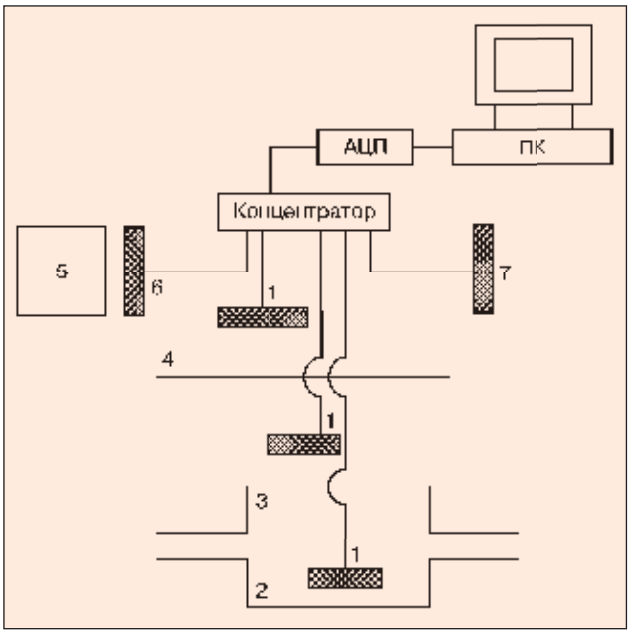


Рис. 1. Схема контроля системы электропитания и уровней магнитных полей: 1, 6, 7 — датчики магнитного поля; 2, 3 — фазный и нулевой рабочий проводники; 4 — нулевой защитный проводник, 5 — электропотребитель

Это касается, в первую очередь, технических средств со сложными диаграммами электрической нагрузки (сварочного оборудования, оборудования с импульсными источниками питания, мощных блоков бесперебойного электроснабжения и др.). Импульсы рабочих токов в силовой сети (даже не превышающие критические значения), несбалансированные токи по фазным и нулевым рабочим проводникам (при дисбалансе нагрузок по фазам трехфазной электросети и значительной доле в общей нагрузке импульсных блоков питания), токи утечки по нулевым защитным проводникам генерируют на рабочих местах гигиенически значимые уровни магнитных полей, причем значительную их долю составляют поля частотой 150 Гц (третья гармоника токов промышленной частоты 50 Гц). Таким образом, контроль несбалансированных токов и токов утечки в сетях электропитания технических средств является актуальной составляющей организационно-технических мероприятий по обеспечению электромагнитной безопасности работающих. Ранее предложенный метод обнаружения токов утечки, несбалансированных токов и поиска мест их возникновения в системах электроснабжения (Патент RU 2208233) требует дополнительно включения в систему специального оборудования, значительного объема ручного труда и не обеспечивает непрерывности контроля, что является большим недостатком метода, учитывая изменение нагрузок на сеть как во времени, так и в пространстве. Для выполнения автоматического непрерывного контроля состояния сетей электропитания технических средств и производственных заданий в целом был разработан метод с использованием ранее предложенных феррорезонансных датчиков и системы мониторинга вредных физических факторов *(И. К. Ковтун, В. А. Глыва. Повышение уровня охраны труда за счет непрерывного мониторинга вредных физических факторов // Сварщик, 2007. — №1).*

Комплекс технических средств, реализующий предложенный метод, состоит из феррорезонансных датчиков магнитных полей, соединенных линиями связи через концентратор и аналого-цифровой преобразователь с персональным компьютером, работаю-

щим под управлением операционной системы Windows, который имеет программное обеспечение для анализа частотного спектра, а также интерфейс для визуального контроля полученной информации и сигнализации о превышении предельно допустимой силы тока в сети электропитания и появлении электрического тока в нулевых защитных проводниках.

Данный комплекс функционирует следующим образом. Датчики регистрации уровней магнитных полей располагают около кабеля электропитания или заземления. Для обнаружения несбалансированных токов по фазному и нулевому рабочему проводникам в местах, расположенных вне мест нахождения персонала (преимущественно около распределительных щитов), эти проводники пространственно разделяют (на расстояние 0,8–1,0 м), при этом около каждого из проводников размещают отдельный датчик магнитного поля *(рис. 1)*.

Линиями связи эти датчики через концентратор и аналого-цифровой преобразователь (АЦП) подключают к порту персонального компьютера (ПК), где сигналы обрабатываются программой анализа частотно спектра и выводятся на экран монитора в координатах «частота»—«сила тока» или в относительных единицах, в зависимости от способа калибровки. Для анализа частотного спектра был использован пакет Spectrogram, а калибровку датчиков осуществляли подачей в кабели электропитания тестовых токов промышленной частоты и ее гармоник с шагом 50 Гц. При этом численные данные об амплитудных значениях силы тока получали автоматическим перерасчетом значений магнитных полей в значения силы токов, которые их генерировали, исходя из фундаментальных зависимостей между силой тока, значением магнитного поля и расстоянием до проводника.

Полученная информация линиями локальной компьютерной сети передается на сервер, где она накапливается в дисковой памяти для дальнейшего анализа относительно изменений нагрузки на силовую сеть во времени и пространстве. Предупреждение о проявлении и уровнях несбалансированных электрических токов в нулевых защитных проводниках происходит автоматически, в зависимости от поставленных задач, на экранах отдельных мониторов, на мониторе администратора локальной сети или иного уполномоченного должностного лица, которое принимает решение о мерах по ликвидации нештатных ситуаций. При этом предупреждение отображает как превышение (или появление) предельно допустимых значений электрического тока, так и превышение амплитудных значений нежелательных гармоник промышленной частоты.

Данный комплекс позволяет одновременно контролировать уровни и спектральный состав магнитных полей в производственной среде (датчик 7) и вблизи рабочего оборудования (датчик 6). Примеры полученных спектров магнитных полей в рабочем помещении и вблизи установки, использующей дуговой разряд для сварки термопар, где наблюдается аномально высокая амплитуда магнитного поля частотой 150 Гц, приведены на *рис. 2*.

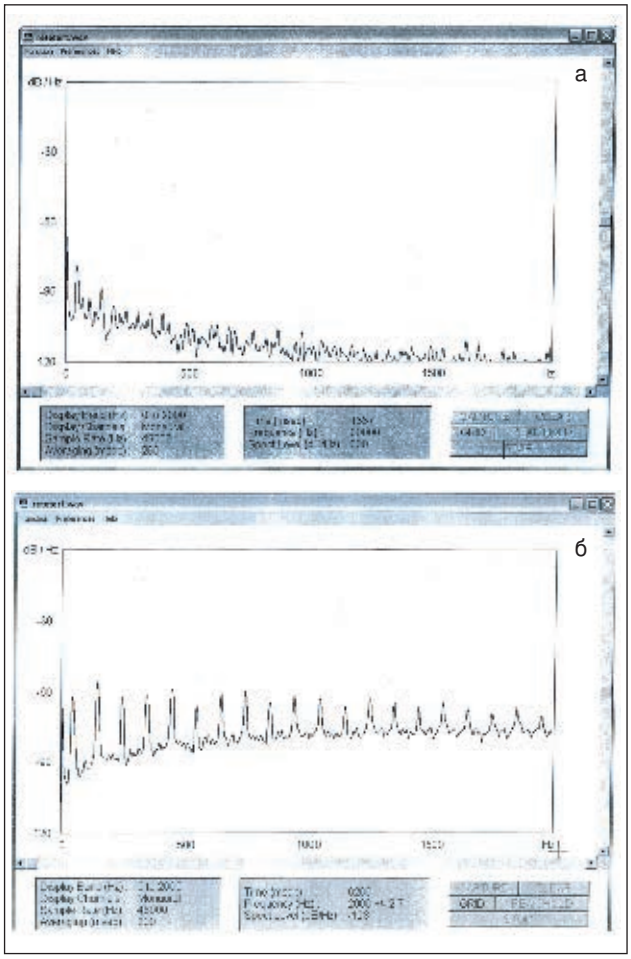


Рис. 2. Спектральный состав магнитных полей: а — в рабочем помещении; б — около установки для дуговой сварки

Для реализации указанной схемы мониторинга несбалансированных электрических токов, токов утечки и магнитных полей использовали надежный в эксплуатации аналого-цифровой преобразователь АЦП Е14–440. Калибровку датчиков выполняли, используя генератор Г5–60.

Для реализации только одной задачи (выявление несбалансированных электрических токов) применение аналого-цифрового преобразователя не обязательно. Указанную задачу можно решить подключением датчиков к линейным и микрофонным входам звуковой карты персонального компьютера. Однако этот способ требует калибровки экрана монитора при помощи измерителей магнитной индукции.

Опытная эксплуатация описанного способа контроля состояния сетей электропитания показала его надежность и экономическую целесообразность при использовании для повышения безопасности труда и предупреждения аварийных ситуаций на производстве. ● **#811**

Производители сварочных материалов,

имеющие сертификат соответствия в системе УкрСЕПРО, выданный НТЦ «СЕПРОЗ» (по состоянию на 01.07.2007)

! Уважаемые потребители сварочных материалов! В случае поставки Вам некачественной продукции, изготовленной предприятиями, приведенными в данной таблице, просим направлять претензии с приложением акта идентификации и данных, подтверждающих претензии к качеству, в ГП НТЦ «СЕПРОЗ». Наш адрес: 03680, Киев, ул. Боженко, 11. Тел.: (044) 271–2306, факс: (044) 289–2169.

Предприятие	*Город*	*Сертифицированная продукция*	*Дата окончания действия сертификата*
ООО «Торговый дом «Плазма ТЕК»	Винница	**Электроды:** АНО–4, АНО–21, АНО–36, МР–3М, Монолит	29.06.2008
Учебно-производственное предприятие УТОГ	Днепродзержинск	**Проволока стальная сварочная:** Св–08, Св–08А	27.07.2007
ООО «Днепростройкомплект»	Днепродзержинск	**Электроды:** АНО–4, МР–3, УОНИ–13/45, УОНИ–13/55, Т–590, ОЗЛ–8, ЦЛ–11, ЭН–60М	26.02.2008
ООО «ЮМИС»	Днепропетровск	**Электроды:** МР–3, МР–3М, АНО–4, ОЗЛ–8, ЦЛ–11, НЖ–13, НИИ–48Г, ОЗЛ–6	28.12.2007
ООО ВТК «ЭРА»	Днепропетровск	**Электроды:** МР–3, АНО–4, УОНИ–13/55	27.12.2007
Украинско-латвийское ООО и ИИ «Бадм, ЛТД»	Днепропетровск	**Электроды:** УОНИ–13/45,УОНИ–13/55ФК, ДБСК–55, МР–3, МР–3И, АНО–4, АНО–6, АНО–21	19.04.2009
ЗАО «Днепровские промышленные системы»	Днепропетровск	**Электроды:** МР–3, ВКП–4, ВКП–21, ВКП–24, ВМ–12П, УОНИ 13/45, УОНИ 13/55, ТМУ–21У	30.10.2007
ЧПКП «Агромаш»	Днепропетровск	**Электроды:** МР–3, МР–3М, АНО–4, АНО–6, АНО–27	11.12.2007
ООО «Универсал-Центр»	пгт. Юбилейное (Днепропетр. обл.)	**Проволока стальная сварочная:** Св–08, Св–08А, Св–08Г2С **Электроды:** АНО–4, МР–3, АНО–27, УОНИ–13/45, УОНИ–13/55	19.04.2009
ООО НПП «Велдинтек»	Днепропетровск	**Электроды:** ЗИО–8, НЖ–13, НИИ–48, ОЗЛ–6, ОЗЛ–8, ОЗЛ–9А, ОЗЛ–17У, ОЗЛ–25Б, НИАТ–1, Т–590, Т–620, ТМЛ–1У, ТМЛ–3У, ТМУ–21У, ЦЛ–11, ЦТ–15, ЦТ–28, ЦУ–5, ЦЧ–4, ЦЛ–39, МНЧ–2, АНЖР–2, ЦНИИН–4, ЭА–395/9, ЭА400/10У, ЭА400/10Т, ЭА898/21Б, УОНИ 13/45, УОНИ 13/55, ИТС–4с	18.06.2008
ООО «Электродснаб»	Днепропетровск	**Электроды:** УОНИ–13/45, УОНИ–13/55, ДСК–55ФК, Т–590, АНО–4, МР–3	23.04.2009
ООО «Аргента»	Днепропетровск	**Электроды:** АНО–4, АНО–21, МР–3, ЦЛ–11, ОЗЛ–6, ОЗЛ–8, НЖ–13, НИИ–48Г УОНИ–13/55, УОНИ–13/55СМ	17.07.2007
ООО «Полимет»	Донецк	**Электроды:** АНО–4, АНО–21, АНО–24, АНО–4Ж, МР–3М, УОНИ 13/45, УОНИ 13/55, УОНИ 13/45СМ, УОНИ 13/55СМ, Т 590, Т620	01.03.2009
ООО «АРКСЕЛ»	Донецк	**Электроды:** АНЖР–1, АНЖР–2, АНЖР–3У, АРК–25, АРК–51, ГЕФЕСТ–6, ГЕФЕСТ–7, ЗИО–8, Комсомолец–100, НИАТ–5, НЖ–13, НЖ–13Р, НИИ–48Г, НИИ–48ГР, НР–70, ОЗЛ–6, ОЗЛ–6Р, ОЗЛ–8, ОЗЛ–8Р, ОЗЛ–9А, ОЗЛ–17У, ОЗЛ–25Б, ОЗН–300М, ОЗН–400М, Т–590, Т–620, ТМЛ–1У, ТМЛ–3У, ТМУ–21У, УОНИ–13/45, УОНИ–13/55, ЦЛ–11, ЦЛ–11Р, ЦЛ–17, ЦЛ–25/2, ЦЛ–39, ЦН–2, ЦН–6Л, ЦН–12М, ЦНИИН–4, ЦТ–15, ЦТ–15К, ЦТ–28, ЦУ–5, ЦЧ–4, ЭА–48М/22, ЭА–395/9, ЭН–60М, ЭА– 400/10Т, ЭА–400/10У, ЭА–981/15, МНЧ–2, НИАТ–1, УОНИ–13/85, ОЗЧ–4, ЦТ–10, ЭА–400/13, ЭА–606/11, УОНИ–13/НЖ–2, КТИ–7, УОНИ–13/НЖ/12Х13 **Проволока порошковая:** MEGAFIL® 713R –A, MEGAFIL® 710 M–A, MEGAFIL®821R–A, MEGAFIL® 822R–A, MEGAFIL® 240 M–A **Проволока стальная сварочная:** Св–04Х19Н9, Св–06Х19Н9Т, Св–04Х19Н11М3, Св–10Х16Н25АМ6, Св–08А, Св–08ГА, Св–10Г2, Св–08Г2С, Св–08Г2С–О, Св–07Х25Н13 **Проволока периодического профиля холоднодеформированная для железобетонных конструкций класса:** В500С, В600С	09.04.2012
НП ООО с ИИ «ДОНИКС»	Донецк	**Проволока стальная сварочная:** Св–08, Св–08А, Св–08ГА, Св–08ГА–О, Св–08Г2С, Св–08Г2С–О, Св–08ХМ, Св–08ХМ–О, Св–10ГН, Св–18ХГС, Св–10НМА, Св–10НМА–О, Св–08Г1НМА, Св–08Г1НМА–О, Св–10Г2 **Проволока стальная наплавочная:** Нп–30ХГСА, Нп–65Г **Проволока:** Св–20Х13, Нп–30Х13, Нп–20Х14	13.12.2007 13.12.2007 10.10.2007
НПП ООО «Адъюстаж»	Донецк	**Проволока стальная сварочная:** Св–08А, Св–08Г2С	05.10.2007
ООО «Дубровицкий завод сварочных материалов «Искра»	Дубровица (Ровенская обл.)	**Электроды:** АНО–4, АНО–21, АНО–29М	19.04.2008
ОАО «Запорожский сталепрокатный завод»	Запорожье	**Проволока стальная сварочная:** Св–08, Св–08А, Св–08Г2С, Св–08Г2С–О, Св–08ГА, Св–10НМА	05.03.2008
ООО «Метиз–Трейд»	Запорожье	**Проволока стальная сварочная:** Св–08Г2С, Св–08Г2С–О	30.11.2007
ООО «Еком–Плюс»	Запорожье	**Электроды:** АНО–21, АНО–4, МР–3	17.04.2009
Запорожский завод сварочных флюсов и стеклоизделий	Запорожье	**Флюсы:** АН–348–А, АН–348–АМ, АН–348–АД, АН–348–АДМ, АН–348АП, АН–348–АПМ, АН–348–В, АН–348–ВМ, АН–348–ВД, АН–348–ВДМ, АН–348–ВП, АН–348–ВПМ, АН–47, АН–47М, АН–47Д, АН–47ДМ, АН–47П, АН–47ПМ, ОСЦ–45, ОСЦ–45М, ОСЦ–45ДМ, ОСЦ–45Д, ОСЦ–45П, ОСЦ–45ПМ, АНЦ–1А, АНЦ–1АМ, АНЦ–1АД, АНЦ–1АДМ, АНЦ–1АП, АНЦ–1АПМ, АН–60 **Силикат Na**	31.07.2012 04.04.2008
МГВП «Гефест»	Киев	**Электроды:** ГЕФЕСТ–6; ГЕФЕСТ–7, НР–70, ЦН–6Л, Т–590, Т–620, НИИ–48Г, НЖ–13, ОЗЛ–6, ОЗЛ–8, ОЗЛ–9А, ОЗЛ–25Б, ОЗЛ–17У, ЦЛ–11, ТМЛ–1У, ТМЛ–3У, ТМУ–21У, ЦЛ–39, ЦТ–15, ЦУ–5, ЦН–12М, УОНИ 13НЖ, ЦНИИН–4, ЭА–395/9, ЭА–981/15, ЭА–48М/22, ЗИО–8, ЭА–400/10У, ЭА–400/10Т, АНЖР–1, АНЖР–2, ЦЧ–4, Комсомолец–100	27.07.2007

Предприятие	*Город*	*Сертифицированная продукция*	*Дата окончания действия сертификата*
ГП «Опытный завод сварочных материалов ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины»	Киев	**Электроды:** АНО–4, АНО–21, АНО–4И, АНО–6, АНО–6Р, АНО–6У, АНО–27, АНО–36, АНО–37, АНО–ТМ, АНО–ТМ/СХ, АНО–ТМ60, АНО–ТМ70, АНР–2, ВН–48, МР–3, ОЗЛ–6, ОЗЛ–8, Т–590, ТМЛ–1У, ТМЛ–3У, ТМУ–21У, УОНИ 13/45, УОНИ 13/55, ЦЛ–11, ЦУ–5, ЦЧ–4, ЭА–395/9, ЭА–400/10У, Комсомолец–100 АНО–21М, АНО–21У АНО–12 АНВ–17у, АНВ–70Б **Проволока порошковая:** ПП–АН19, ПП–АН19Н, ПП–АН24С, ПП–АН30, ПП–АН1, ПП–АН3, ПП–АН7, ПП–АНВ2у, ПП–АНВ2ум, ПП–Нп–АНВ2ун, ПП–Нп–АНВ2у/2, ПП–АН59, ПП–АН61, ПП–АН63, ПП–АН69, ПП–Нп–Х25Г14Н3Т, ППР–ЭК3, ППР–ЭК4, ППС–ЭК1, ППС–ЭК2, ПП–АН67, ПП–АН68М, ПП–АН70М **Флюсы сварочные плавленые и керамические:** АН–348–А, АН–348–АМ, АН–348–В, АН–348–ВМ, АН–М13, АН–25, АН–72, АН–8, АН–15М, АН–17М, АН–18, АН–20С, АН–20П, АН–22, АН–26С, АН–26П, АН–42, АН–43, АН–47, АН–60, АН–65, ОСЦ–45, ОСЦ–45М, ОСЦ–45П, ФЦ–9, АНФ–1, АНФ–6, АНФ–25, АНФ–28, АНФ–29, АНФ–32, АН–291, АН–295, АНК–40/25, АНК–40/35, АНК–40/55, АНК–47А, АНК–57, АНК–565	04.07.2012 28.03.2008 17.04.2008 03.05.2008 04.07.2012 04.07.2012
ООО «ТМ.ВЕЛТЕК»	Киев	**Проволока порошковая:** ПП–АН8, ПП–АН29, ПП–АН1, ППс–ТМВ6, ПП–АНЧ2, ППс–ТМВ7, ППс –АНТ, ППс–ТМВ3, ППс–ТМВ8, ПП–АН39, ВеТ ПП–Нп14ГСТ, ВеТ ПП–Нп–35В9Х3СФ, ВеТ ПП– Нп60В9Х3СФ, ВеТ ПП–Нп–80Х12РТ, ВеТ ПП–Нп–80Х20Р3Т, ВеТ ПП–Нп200Х15С1ГРТ, ВеТ ППс–ТМВ57, ВеТ ПП–Нп10Х14Т, ВеТ ПП–Нп–15Х14Г, ВеТ ПП–Нп15Х14ГН2М1ФБ,.ВеТ ПП–Нп–15Х14ГН2, ВеТ ПП–Нп12Х14Н3, ВеТ ПП–Нп12Х13, ВеТ ПП–Нп25Х5ФМС, ВеТ ППв–ТМВ11, ВЕЛТЕК–Н250–РМ, ВЕЛТЕК–Н290, ВЕЛТЕК–Н290–РМ2, ВЕЛТЕК–Н300–РМ, ВЕЛТЕК–Н350–РМ, ВЕЛТЕК–Н370–РМ, ВЕЛТЕК–Н370–РМК, ВЕЛТЕК–Н450, ВЕЛТЕК–Н460, ВЕЛТЕК–Н460К, ВЕЛТЕК–Н490, ВЕЛТЕК–Н465, ВЕЛТЕК–Н480, ВЕЛТЕК–Н480К, ВЕЛТЕК–Н480С, ВЕЛТЕК–Н500–РМ, ВЕЛТЕК–Н500–РМК, ВЕЛТЕК –Н505–РМ, ВЕЛТЕК–Н550–РМ, ВЕЛТЕК–Н570, ВЕЛТЕК–Н455, ВЕЛТЕК–Н200, ЕЛТЕК–Н210У, ВЕЛТЕК–Н220У, ВЕЛТЕК–Н285–РМ, ВЕЛТЕК–Н290–РМ2, ВЕЛТЕК–Н390, ВЕЛТЕК–Н390С, ВЕЛТЕК–Н400, ВЕЛТЕК–Н410, ВЕЛТЕК–Н420, ВЕЛТЕК–Н470, ВЕЛТЕК–Н471, ВЕЛТЕК–Н472, ВЕЛТЕК–Н479, ППс–ТМВ29, ВЕЛТЕК–Н540, ВЕЛТЕК–Н560, ВЕЛТЕК–Н580, ВЕЛТЕК–Н600, ВЕЛТЕК–Н620, ВеТ ППс–ТМВ4, ВеТ ППс–ТМВ14, ВеТ ППс–ТМВ15, ВЕЛТЕК–Н500–РМУ, ВЕЛТЕК–Н500–РМС, ВЕЛТЕК–Н565, ВеТ ПП– Нп35В9Х3СФ, ВЕЛТЕК–Н425, ВЕЛТЕК–Н425–1, ВЕЛТЕК–Н425–2, ВЕЛТЕК–Н351, ППс–ТМВ2, ВЕЛТЕК–Н480НТ **Проволока порошковая для сварки под водой:** ППС–ЭК1, ППС–ЭК2	11.03.2009
ООО «НВП ВЕЛДТЕК»	Киев	**Проволока порошковая:** ВеТ ПП–Нп14ГСТ, ПП–АН1, ПП–АН39	28.01.2008
ООО НПФ «Нефтегазмаш»	Киев	**Проволока порошковая** ПП–АН1 ПП–Нп–80Х20Р3Т, ПП–Нп–150Х15Р3Т2, ПП–Нп–200Х15С1ГРТ, ПП–Нп–14ГСТ ПП–Нп–25Х5ФМС, ПП– Нп–35В9Х3СФ, ПП– Нп45В9Х3СФ ПП–Нп–18Х1Г1М, ПП–Нп–30Х5Г2СМ, ПП–Нп–30Х4Г2М ПП–НГМ1Ф–25, ПП–НГМ3Ф–50, ПП–НГМ2Ф–35,ПП–НГМ3Ф–50, ПП–НГМ11Ф–30, ПП–НГМ12Ф–40, ПП–НГМ13Ф–45, ПП–НГМ2С–30, ПП–НГМ14С–60	07.05.2008 24.12.2007 02.03.2008 27.11.2007 30.07.2007
КНПФ «ЭЛНА»	Киев	**Проволока порошковая:** ПП–АН1,ПП–АН134Г,ПП–Нп14ГСТ, ПП–АН158, ПП–АН154М, ПП–АН155М, ПП–АН163, ПП–АН163М, ПП–Нп30Х20МН, ПП–Нп20Г2ХС ПП–АН186, ПП–АН187, ПП–Нп12Х13,ПП–АН156М, ПП–АН167, ПП–АН168, ПП–Нп–350Х8Г4С4Р, ПП–АН185 ПП–Нп–20Х7ГФМС, ПП–Нп–100Х15Г2Н2Р, ПП–Нп–40Х13 ПП–АНЧ–2С, ПП–АНЧ–5М ПП– Нп–35В9Х3СФ, ПП–АН125, ПП–АН122, ПП–АН120, ПП–АН170, ПП–АН130	27.03.2008 05.06.2008 29.10.2007 30.10.2007 11.01.2008
МЧП «Рабица»	Киев	**Проволока стальная сварочная:** Св–08Г2С, Св–08ХМ, Св–10НМА	14.12.2007
ООО «Ганза»	Кривой Рог	**Электроды:** ЦЛ–11, ОЗЛ–8, АНО–21, УОНИ–13/45	04.07.2008
ЗАО «Индустрия»	Луганск	**Электроды:** АНО–4, АНО–21, АНО–27, УОНИ–13/55	15.03.2008
ОАО «МЗТМ»	Мариуполь	**Электроды:** УОНИ–13/45, УОНИ–13/55	13.04.2008
ОАО «Мариупольский металлургический комбинат им. Ильича»	Мариуполь	**Электроды:** АНО–4, МР–3 УОНИ–13/45, УОНИ–13/55 **Проволока стальная сварочная:** Св–08, Св–08А	30.01.2009 25.12.2008 25.01.2008
ООО «Мариупольсталь»	Мариуполь	**Электроды** АНО–4	24.12.2007
ООО ПКП «Украинская южная компания»	Николаев	**Электроды:** УОНИИ–13/45А, УОНИИ–13/55, ИТС–4с, МР–3	27.07.2007
ОАО «Стальканат»	Одесса	**Проволока стальная сварочная:** Св–08, Св–08–О, Св–08А, Св–08А–О, Св–08ГА, Св–08ГА–О, Св–08Г1НМА, Св–08Г1НМА–О, Св–08Г2С, Св–08Г2С–О, Св–08ХМ, Св–08ХМ–О	24.05.2008
Филиал «Завод Електрод» ООО «Виоле»	Полтава	**Электроды:** АНО–21, АНО–24, АНО–4, МР–3М	16.11.2007
ЧП «Днепролес»	Комсомольск (Полтавская обл.)	**Электроды:** АНО–4, АНО–21, МР–3, ЦЛ–11, УОНИ 13/55, УОНИ 13/45	26.04.2008
ОАО «СМНПО им. М. В. Фрунзе»	Сумы	**Электроды:** АНО–4, АНО–4Ж, АНО–21, АНО–24, АНО–ТМ, АНО–ТМ/СХ, АНО–ТМ/60, АНО–ТМ/70, ЗИО–8, МНЧ–2, НЖ–13, НИИ–48Г, ОЗЛ–6, ОЗЛ–8, ОЗЛ–17У, ОЗЛ–25Б, Т–590, Т–620, ТМЛ–1У, ТМЛ–3У, ТМУ–21У, УОНИИ 13\45, УОНИИ 13\45А, УОНИИ 13\55, ЦЛ–11, ЦЛ–20, ЦЛ–39, ЦЛ–51, ЦН–6Л, ЦН–12М, ЦТ–15, ЦУ–5, ЦЧ–4, ЭА–400/10У, ЭА–400/10Т, ЭА–112/15, ЭА–606/11, ЭА–395/9, ЭА–981/15, ЭА–902/14, ЭА–898/21Б, ЭА–48М/22, ЭН–60М	25.03.2012
ОАО «Межгосметиз–Мценск»	Мценск	**Электроды:** АНО–ТМ, АНО–36, ЗИО–8, Комсомолец–100, МНЧ–2, МР–3, МР–3М, НИИ–48Г, ОЗА–1М, ОЗА–2М, ОЗЛ–6, ОЗЛ–8, ОЗЛ–9А, Т–590, ТМЛ–3У, ТМУ–21У, УОНИ–13/45, УОНИ–13/55, УОНИ–13/65, УОНИ–13/85, УОНИИ–13/45А, ЦЛ–6, ЦЛ–9, ЦЛ–11, ЦТ–15, ЦУ–5, ЦЧ–4, ЭА–395/9, ЭА–400/10У, ЭА–400/10Т, МГМ–50К, АНО–21, НЖ–13, ОЗН–300М, ОЗН–400М, ТМЛ–1У, УОНИИ –13/55R, УОНИИ–13/45R, ЦЛ–39, ЦН–6Л, ЦНИИН–4, ЭН–60М **Проволока стальная сварочная:** Св–08ГС, Св–08Г2СА, SG–2, Св–06Х19Н9Т, Св–04Х19Н11М3, Св–07Х25Н13, Св–10Х16Н25АМ6Св–08Г2С, Св–08Г1С	18.03.2008

Предприятие	*Город*	*Сертифицированная продукция*	*Дата окончания действия сертификата*
ОАО «АО Спецэлектрод»	Москва	**Электроды:** ОЗС–4, ОЗС–4И, ОЗС–6, ОЗС–12, ОЗС–12И, ОЗС–11, МР–3, МР–3М, ОЗС–3, АНО–4, АНО–4М, АНО–21, ОЗС–30, ОЗС–32, АНО–11, ВСЦ–4М, УОНИ– 13/55, УОНИ– 13/55К, УОНИ–13/55У, УОНИ– 13/45, УОНИ– 13/45А, УОНИ–13/65, УОНИ–13/85, УОНИ 13/НЖ/12Х13, УОНИ–13/55ТЖ, ОЗС–16, ОЗС–18, ОЗС–23, ОЗС–24М, ОЗС–25, ОЗС–33, ОЗС/ВНИИСТ–27, ЦЛ–17, ЦЛ–39, ЦУ–5, ТМЛ–1У, ТМЛ–3У, ТМУ–21У, ВСФ–65У, ЦЛ–20, ЦЛ–20М, ЦУ–2ХМ, 48Н–1, 48Н–11, 48Н–25, 48Н–15, Н–17, НИАТ–3М, ВИ–10–6, АНЖР–1, АНЖР–2, ЦТ–28, ИМЕТ–10, КТИ–7А, ОЗЛ–9А, ГС–1, ВИ–ИМ–1, ЦЛ–9, ОЗЛ–2, ОЗЛ–3, ОЗЛ–5, ОЗЛ–7, ОЗЛ–14, ОЗЛ–14А, ОЗЛ–20, ОЗЛ–21, ОЗЛ–22, ОЗЛ–25Б, ОЗЛ–27, ОЗЛ–28, ОЗЛ–32, ОЗЛ–35, ОЗЛ–38, ОЗЛ–40, ОЗЛ–41, ЦЛ–11, ЦЛ–11/СЭ, ЦТ–15, ОЗЛ–6, ОЗЛ–6С, ОЗЛ–6СЭ, ЦЛ–25/1, ЗИО–8, ОЗЛ–8, ОЗЛ–8С, НИАТ–1, ОЗЛ–17У, ОЗЛ–36, ОЗЛ–37–2, НИАТ–5, НИАТ–5/СЭ, ЭА–395/9, ЭА–981/15, ЭА–400/10У, ЭА–400/10Т, ЭА–400/10СЭ, НЖ–13, НЖ–13С, НЖ–13СЭ, НИИ–48Г, ЭА–898/21Б, ЭА–606/11, ЭА–48М/22, ОЗЛ–312, ОЗЛ–310, ОЗИ–6, ЭН–6ОМ, УОНИ–13/НЖ (20Х13), Т–590, ОЗН–6, ОЗН–7, ОЗН–7М, ЦНИИН–4, ЦН–6Л, ЦН–12М, ОЗН–300М, ОЗН–400М, ОЗШ–1, ОЗШ–2, ОЗШ–3, ОЗШ–8, ОЗИ–3, ОЗИ–5, ВСН–6, ОЗН/ВСН–9, Т–620, ЭНУ–2, ЦЧ–4, МНЧ–2, ОЗЧ–6, ОЗЧ–3, ОЗЧ–2, ОЗЧ–4, Комсомолец–100, АНЦ/ОЗМ–3, ОЗБ–2М, ОЗБ–3,В–56У, ОЗА–1, ОЗА–2, ОЗАНА–1, ОЗАНА–2, ОЗР–1, ОЗР–2	20.07.2010
ОАО «Лосиноостровский электродный завод»	Москва	**Электроды:** ЛЭЗУОНИ–13/55, ЛЭЗАНО–4Т, ЛЭЗОЗС–4Т, ЛЭЗМР–3, ЛЭЗОЗС–4, ЛЭЗАНО–4, ЛЭЗОЗС–12, ЛЭЗОЗС–6, ЛЭЗУОНИ–13/45, ЛЭЗЛБгп, ЛЭЗТМУ–21У, ЛЭЗЦУ–5, ЛЭЗУОНИ–13/65, ЛЭЗУОНИ–13/55У, ЛЭЗВИ–10–6/Св–08А, ЛЭЗМР–3Т, ЛЭЗМР–3С, ЛЭЗМР–3А, ЛЭЗУОНИ–13/55А, ЛЭЗУОНИ–13/55С, ЛЭЗЛБ–60, ЛЭЗАНО–6, ЛЭЗАНО–21, ЛЭЗОЗС–18, ЛЭЗТМЛ–1У, ЛЭЗТМЛ–3У, ЛЭЗТМЛ–5, ЛЭЗЦЛ–17, ЛЭЗЦЛ–39, ЛЭЗУОНИ–13/85, ЛЭЗУОНИ–13/85У, ЛЭЗНИАТ–3М, ЛЭЗЦЛ–11, ЛЭЗОЗЛ–7, ЛЭЗОЗЛ–8, ЛЭЗОЗЛ–6, ЛЭЗ–8, ЛЭЗНЖ–13, ЛЭЗЦТ–15, ЛЭЗЭА–395/9, ЛЭЗЭА–400/10У, ЛЭЗОЗЛ–36, ЛЭЗАНЖР–1, ЛЭЗНИАТ–5, ЛЭЗОЗЛ–5, ЛЭЗНИИ–48Г, ЛЭЗЦЛ–9, ЛЭЗ–99, ЛЭЗОЗЛ–9А, ЛЭЗ–29/9, ЛЭЗАНЖР–2, ЛЭЗОЗЛ–19, ЛЭЗОЗЛ–20, ЛЭЗУОНИ–13/НЖ/12Х13, ЛЭЗОЗЛ–17У, ЛЭЗЭА–981/15, ЛЭЗНИАТ–1/04Х19Н9, ЛЭЗОЗЛ–25Б, ЛЭЗЦТ–28, ЛЭЗ–11, ЛЭЗЗИО–8, ЛЭЗК–04, ЛЭЗКТИ–5, ЛЭЗТ–620, ЛЭЗТ–590, ЛЭЗ–4, ЛЭЗЦНИИН–4, ЛЭЗЦН–6Л, ЛЭЗНР–70, ЛЭЗОЗН–6, ЛЭЗУОНИ–13/НЖ/20Х13, ЛЭЗОЗН–300М, ЛЭЗОЗН–400М, ЛЭЗАНП–13, ЛЭЗЦН–12М, ЛЭЗНЧ–2, ЛЭЗЦЧ–4, ЛЭЗМНЧ–2, ЛЭЗОЗЧ–2, ЛЭЗОЗЧ–6, ЛЭЗАНЦ/ОЗМ–3, ЛЭЗКомсомолец–100, ЛЭЗОЗБ–2М, ЛЭЗОЗР–1	24.04.2011
ЗАО «Электродный завод»	С.-Петербург	**Электроды:** ЦУ–5, ТМУ–21У, УОНИ–13/45А, УОНИ–13/55, МР–3, ОЗС–12, АНО–4, ЦЛ–39, ТМЛ–1У, ТМЛ–3У, ТМЛ–5, ЭА–395/9, ЭА–48М/22, ЭА–400/10У, УОНИИ–13/НЖ, ОЗЛ–6, ЦТ–15, ЦЛ–11, ЦТ–28, НЖ–13, ОЗЛ–8, НИИ–48Г, ОЗЛ–9А, ЦН–6Л, ЦН–12М, Т–590, ЦЧ–4, УОНИ–13/Н1–БК, МНЧ–2, «Комсомолец–100»	07.02.2011
ОАО «Северсталь–метиз» Филиал Орловский завод	Череповец (Вологодская обл.)	**Электроды:** АНО–4, АНО–21, АНО–ТМ, МР–3, УОНИ–13/45, УОНИ–13/55, УОНИИ–13/45А	06.06.2012
Bohler Schweisstechnik	Австрия	**Электроды; проволоки сплошного сечения; проволока порошковая**	15.05.2008
Soudokay S.A.	Бельгия	**Проволока порошковая; флюсы; ленты**	11.03.2009
UTP Schweissmaterial GmbH&Co. KG	Германия	**Проволока стальная сварочная; проволока порошковая**	15.05.2008
Castolin GmbH	Германия	**Электроды; проволока сплошного сечения; прутки для WIG-сварки; порошковые проволоки; прутки для пайки; порошки**	08.07.2009
Castolin (M.P.I.Metal Powders International)	Ирландия	**Порошки; электроды; порошковые проволоки**	08.07.2009
Castolin France	Франция	**Электроды; проволоки для MIG/MAG сварки; прутки и проволока для сварки TIG; прутки для пайки; сплавы в форме порошка**	08.07.2009
Drahtzug Stein wire&welding	Германия	**Электроды:** MEGAFIL 710 M, MEGAFIL 713 R, MEGAFIL 731 B, MEGAFIL 822R SDA 2, SDA S2	18.09.2007
Bohler Thyssen Schweisstechnik	Германия	**Электроды; проволока; флюсы**	20.07.2010
FRO S.p.A.	Италия	**Электроды; порошковые проволоки; проволока стальная сварочная; флюсы сварочные**	28.12.2011
ISAF S.p.A	Италия	**Проволока стальная сварочная**	03.04.2012
Multimet Sp.z.o.o	Польша	**Проволока стальная сварочная:** IMT2, IMT3 **Проволока порошковая:** FLUXOFIL 19HD	12.03.2011
Askaynak Kaynak Teknigi Sanayi ve Ticaret A.S.	Турция	**Электроды:** AS R–116; AS DA–771; AS Oluk Acma; AS R–132; AS DA–774; AS Kesme; AS R–143; AS DA–777; STARWELD KARBON; AS R–144; AS DA–778; AS SD–CR 10; AS R–146; AS P–307; AS SD–CR 13; AS B–204; AS P–308 L; AS SD–60; AS B–235; AS P–308 Mn; AS SD–65; AS B–248; AS P–308 Mo; AS SD–300; AS B–255; AS P–309 L; AS SD–350; AS B–268; AS P–309 Mo; AS SD–HSS; AS S–6010; AS P–310 R; AS SD–MANGAN; AS S–6011; AS P–312; AS SD–MANGAN 165;AS S–7010 Mo; AS P–316 L; AS SD–ABRA Nb; AS S–8010 Ni; AS P–316 S; AS SD–ABRA Cr; AS DT–165; AS P–318 Super; Kobatek 111; AS DT–180; AS P–347; Kobatek 46; AS DA–708; AS AlSi 5; Kobatek 418; AS DA–710; AS AlSi 12; Kobatek 458; AS DA–731; AS Bronz; Kobatek 213; AS DA–735; AS Pik 55; Kobatek 250; AS DA–737; AS Pik 65; AS DA–753; AS Pik 98 Super **Проволока:** AS SG2; AS SG3; AS S1; AS S2; AS S2 Si; AS S2 Mo; STARWELD MW–308LSi; STARWELD MW–316LSi; STARWELD TW–308L; STARWELD MW–316Li	20.07.2010
ESAB AB	Швеция	**Электроды; флюсы; проволока; прутки сплошного сечения; проволока порошковая**	18.04.2008

Н. А. Проценко, *аудитор, руководитель группы сертификации материалов, ГП НТЦ «СЕПРОЗ» НАНУ*

«Серебро» из глины

Древний историк Плиний Старший рассказывает об интересной истории, которая произошла почти два тысячелетия назад.
Как-то к римскому императору Тиберию пришел незнакомый человек. В дар императору он принес изготовленную им чашу из блестящего, как серебро, но необычайно легкого металла. Мастер поведал, что этот никому не известный металл он получил из глинистой земли. Видимо, чувство благодарности редко посещало Тиберия, да и правитель был недальновидный. Боясь, что новый металл с его прекрасными качествами обесценит золото и серебро, которые хранились в его казне, он отрубил изобретателю голову, а его мастерскую разрушил, чтобы больше никому не вздумалось заниматься производством «опасного» металла.

«Опасность» миновала и, к сожалению, надолго. Только в XVI веке, то есть приблизительно через полторы тысячи лет, в историю алюминия была вписана новая страница. Это сделал талантливый немецкий врач и природовед Парацельс Филипп Ауреол Теофраст Бомбаст фон Гогенгейм. Исследуя различные вещества и минералы, в том числе квасцы, Парацельс установил, что это «соль какой-то квасцовой земли», в состав которой входит окись неизвестного металла, позднее названная глиноземом.

Квасцы, заинтересовавшие Парацельса, были известны с давних времен. По свидетельству греческого историка Геродота, жившего в V веке до н. э., древние народы использовали при окрашивании тканей для закрепления их цвета минеральную породу, которую они называли «алюмен», т. е. «вяжущая». Этой породой и были квасцы.

Первым, кому удалось, подобно неизвестному мастеру Древнего Рима, получить металлический алюминий, был датский ученый Эрстед. В 1825 г. в одном из химических журналов, издающихся в Дании, он опубликовал статью, в которой писал, что в результате проведенных им опытов получился «кусок металла, цветом и блеском несколько похожий на олово». Однако статья Эрстеда осталась незамеченной. Да и сам ученый, занятый работами по электромагнетизму, не придал своему открытию большого значения.

Через два года в Копенгаген к Эрстеду приехал молодой, но уже известный немецкий химик Велер. Эрстед сообщил ему, что у него нет намерений продолжать исследования по получению алюминия. Вернувшись в Германию, Велер немедленно занялся этой проблемой, которая очень заинтересовала его, и уже в конце 1827 г. опубликовал свой метод получения нового металла. Правда, метод Велера позволял выделять алюминий только в виде зернышек, чуть больше маковых, но ученый продолжил эксперименты и разработал наконец способ получения алюминия в виде компактной массы. На это ушло... 18 лет.

На то время новый металл уже успел завоевать популярность и, поскольку получали его в мизерных количествах, цены на него превосходили цены на золото, да и достать его было делом нелегким.

Уже в 1855 г. на Всемирной выставке в Париже было представлено «серебро из глины», которое вызвало большую сенсацию. Это были пластины и слитки из алюминия, полученные французским ученым и промышленником Сент-Клер Девилем.

Появлению этих экспонатов предшествовали следующие события. Императором Франции в то время был Наполеон III — «маленький племянник великого дяди», как его называли тогда. Большой любитель напускать туману, один раз он устроил банкет, на котором члены монаршей семьи и наиболее знатные гости были удостоены чести есть алюминиевыми ложками и вилками. Гости же попроще должны были пользоваться обычными (естественно, для императорских банкетов) золотыми и серебряными приборами. Понятно, было обидно до слез и кусок не лез в горло, но что поделаешь, когда даже император не мог тогда обеспечить каждого гостя алюминием в необходимом количестве. К этому периоду и относится появление «серебра Девиля» как экспоната на Всемирной выставке.

Сент-Клер Девиль развил бурную деятельность — он построил первый в мире алюминиевый завод. Однако завод выделял много вредных газов, которые засоряли атмосферу. На это время многим ученым уже стало ясно, что, несмотря на все старания Девиля, его метод не имеет перспектив. Химики разных стран продолжали поиски. В 1865 г. известный русский ученый Н. Н. Бекетов предложил интересный способ, который быстро нашел применение на алюминиевых заводах Франции и Германии.

Важной вехой в истории алюминия стал 1886 г., когда независимо друг от друга американский студент Холл и французский инженер Эру разработали электролитический способ производства этого металла. Идея была новой: еще в 1854 г. немецкий ученый Бунзен высказал мысль, что можно получать алюминий электролизом его солей. Но прошло более тридцати лет, прежде чем его мысль воплотилась в жизнь.

К этому же периоду относится еще одно знаменательное событие: в конце 1880-х годов русский химик К. И. Байер разработал и успешно использовал в заводских условиях оригинальную технологию добычи глинозема — промышленного сырья для производства алюминия. Этот способ сохранил свое значение до наших дней.

В эти годы производство алюминия резко возросло, и, как следствие, значительно снизились цены на этот металл, который еще не так давно считался драгоценным. Если в 1854 р. один килограмм алюминия стоил 1200 рублей, то уже в конце XIX века цена на него упала до 1 рубля. Тогда алюминий привлек к себе внимание промышленного мира, который пребывал накануне великих событий: начинало бурно развиваться машиностроение, укреплялась автомобильная промышленность и, что особенно важно, вот-вот намеревалась сделать первые шаги авиация, где алюминий должен был сыграть важнейшую роль.

Но прочностные характеристики алюминия оставляли желать лучшего. Это обстоятельство и вынудило ученых задуматься над тем, как сделать алюминий прочным, сохранить все его полезные качества.

Однажды (это было в начале XX в.) немецкий химик Вильм изготовил сплав, в который, кроме алюминия, входили различные добавки: медь, магний, марганец. Этот сплав был более прочным, чем чистый алюминий, но Вильм почувствовал, что прочность сплава можно еще увеличить, подвергнув его закалке. Ученый нагрел несколько образцов сплава приблизительно до 600 °С, а потом опустил их в воду. Закалка заметно повысила прочность сплава, но, поскольку результаты испытаний разных образцов оказались неоднородными, Вильм подверг сомнению исправность прибора и точность измерений.

Несколько дней исследователь старательно выверял прибор. Забытые им на это время образцы лежали без дела на столе, и на тот момент, когда прибор снова был готов к работе, они были уже не только закаленными, но и запыленными. Вильм продолжил испытания и не поверил своим глазам: прибор показывал, что прочность образцов возросла почти вдвое.

Снова и снова повторял ученый свои опыты и каждый раз убеждался, что его сплав после закалки продолжает в течение 5–7 дней становиться все более прочным. Так было открыто необычайно интересное явление — естественное старение алюминиевых сплавов после закалки.

Сам Вильм не знал, что происходит с металлом в процессе старения, но, подобрав опытным путем оптимальный состав сплава и режим термической обработки, он получил патент и вскоре продал его одной немецкой фирме, которая в 1911 г. выпустила первую партию нового сплава, названного дюралюминием (по-французски «дюр» — твердый, прочный). В 1919 г. появляются первые самолеты из дюралюминия.

Еще один интересный факт из истории алюминия. В 1930 г. молодой геолог Н. А. Каржавин в музее одного из уральских рудников обратил внимание на экспонат с надписью «Плохая железная руда. Содержание железа 21%». Геолога поразило

сходство этого образца с бокситами — глинистой горной породой, богатой алюминием. Подвергнув минерал анализу, он убедился, что эта руда является прекрасной алюминиевой рудой. Там, где был найден этот образец, началась геологическая разведка, которая вскоре увенчалась успехом. На базе найденного месторождения был построен Уральский алюминиевый завод.

Сфера использования алюминия на протяжении веков расширялась и продолжает расширяться и сегодня. ● **#812**

Из книги: ***С. І. Венецький. Оповідання про метали.***
Київ: «Техніка». — 1972.

VI МЕЖДУНАРОДНЫЙ ПРОМЫШЛЕННЫЙ ФОРУМ – 2007

МЕЖДУНАРОДНЫЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ ВЫСТАВКИ И КОНФЕРЕНЦИИ

МЕТАЛЛО-ОБРАБОТКА
МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ, ОБОРУДОВАНИЕ

УКРПЛАСТ TEX
ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА И ПЕРЕРАБОТКИ ПЛАСТИКОВ

ГИДРАВЛИКА ПНЕВМАТИКА

УКРПРОМ АВТОМАТИЗАЦИЯ
ПРОМЫШЛЕННАЯ АВТОМАТИЗАЦИЯ

ОБРАЗЦЫ, СТАНДАРТЫ, ЭТАЛОНЫ, ПРИБОРЫ
КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ, ЛАБОРАТОРНОЕ И ИСПЫТАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ, СЕРТИФИКАЦИЯ

БЕЗОПАСНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА
СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ, БЕЗОПАСНОСТЬ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ

УКРМАШ TEX
ПРОМЫШЛЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ОБОРУДОВАНИЕ

УКРВТОР TEX
ВТОРИЧНАЯ ТЕХНИКА, ОБОРУДОВАНИЕ

ПОДШИПНИКИ

УКРСВАРКА
ТЕХНОЛОГИИ, ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ

ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНОЕ СКЛАДСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

СУБКОНТРАКТЫ
ПОЛУЧЕНИЕ ЗАКАЗОВ ПО КООПЕРАЦИИ

Генеральные информационные партнеры:

Технический партнер:
ПрессКом

ufi Approved Event

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:

METEOR EXPOCENTER ufi Member

ufi Approved Event

9 • 12 ЖОВТНЯ • 2007 •

Міжнародний промисловий форум

УкрІндустрія

форум об'єднує

- 7-ма Міжнародна виставка **"МАШПРОМ"**
- 2-га Спеціалізована виставка **"Металургія. Литво"**
- 3-тя Спеціалізована експозиція **"РемМашІндустрія"**

Експо-центр «МЕТЕОР», м. Дніпропетровськ

(056) 373-93-70, (0562) 357-357, www.expometeor.com