информационно-технический журнал
Сварщик®
Технологии
Производство
Сервис
2–2006

2 (48) 2006

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

Журнал награжден Почетной грамотой и Памятным знаком Кабинета Министров Украины

СОДЕРЖАНИЕ

Новости техники и технологий 3

Производственный опыт

Электрошлаковая наплавка бобышек и торцевых поверхностей глухих отверстий небольшого диаметра.
И. А. Рябцев, Ю. М. Кусков, Я. П. Черняк, О. Г. Кузьменко 6

Порошковая проволока для сварки ванн горячего цинкования.
Л. Н. Орлов, А. А. Голякевич, А. В. Билинец, А. В. Хилько, В. В. Капуста, О. Ю. Корнецкий, А. Е. Дюдин 9

Причины взрывов кислородных баллонов.
В. А. Сергиенко, И. И. Гуменшаймер 11

Технология местной термообработки сварных соединений реактора Р–1–201 с использованием комбинированного нагрева.
В. А. Бабкин, А. И. Лавров, П. Б. Ловырев, С. Н. Чичеров, А. Н. Калганов, В. П. Лазарева, П. М. Корольков 14

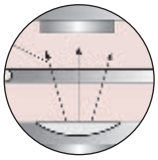
Знаменательная дата

К 90-летию со дня рождения академика НАН Украины Бориса Израилевича Медовара 17

Наши консультации 19

Технологии и оборудование

Особенности тепловых процессов при микроплазменной и лазерной сварке.
Н. М. Воропай, В. М. Илюшенко, В. Ю. Хаскин, В. А. Мишенков 21



Регулирование тепловложения при дуговой сварке сталей. *Г. И. Лащенко* 24

Определение ресурса по деформациям стенки сварных сосудов.
В. М. Долинский, В. И. Черемская 27

Свойства вакуумно-дуговых покрытий для защиты рабочих лопаток паровых турбин. *В. Г. Маринин* 30

Мишени для магнетронного распыления. *А. А. Кайдалов* 34

Энергосберегающее сварочное оборудование.
Универсальный сварочный конвертор низкого напряжения КСУ–320 38

Охрана труда

Снижение динамических нагрузок на позвоночник при срабатывании предохранительных поясов. *И. А. Фоменко, А. Т. Орленко* 41

Використання інформаційно-аналітичної системи при плануванні працеохоронних заходів у зварювальному виробництві.
О. І. Полукаров, О. Є. Кружилко, Ю. О. Полукаров 42

Подготовка кадров

Наш факультет — высшая школа сварки. *Е. Лопаткина* 45

Техникум сварки и электроники в Днепропетровске.
И. Кацнельсон, В. Каменецкий 47

Специалисты о журнале «Сварщик» 48

Календарь выставок на 2006 г. 49

Как подготовить статью к публикации 50

На обложке — фото одного из цехов холдинговой компании «Луганськтепловоз».

ЗМІСТ

Новини техніки і технологій . . . 3

Виробничий досвід

- Електрошлакове наплавлення бобишок і торцевих поверхонь глухих отворів невеликого діаметра. *І. А. Рябцев, Ю. М. Кусков, Я. П. Черняк, О. Г. Кузьменко* . . 6
- Порошковий дріт для зварювання ванн гарячого цинкування. *Л. М. Орлов, А. А. Голякевич, А. В. Білинець, А. В. Хілько, В. В. Капуста, О. Ю. Корнецький, А. Є. Дюдін* . . . 9
- Причини вибухів кисневих балонів. *В. О. Сергієнко, І. І. Гуменшаймер* . . . 11
- Технологія місцевої термообробки зварних з'єднань реактора Р–1–201 з використанням комбінованого нагрівання. *В. А. Бабкін, А. І. Лавров, П. Б. Ловирев, С. Н. Чичеров, А. Н. Калганов, В. П. Лазарєва, П. М. Корольков*. . . . 14

Знаменна дата

- До 90-річчя з дня народження академіка НАН України Бориса Ізраїлевича Медовара. . . . 17

Наші консультації . . . 19

Технології і устаткування

- Особливості теплових процесів при мікроплазмовому і лазерному зварюванні. *М. М. Воропай, В. М. Ілюшенко, В. Ю. Хаскін, В. А. Мишенков* . . . 21
- Регулювання тепловкладення при дуговому зварюванні сталей. *Г. І. Лащенко* . . . 24
- Визначення ресурсу по деформаціям стінки зварних посудин. *В. М. Долинський, В. І. Черемська* . . . 27
- Властивості вакуумно-дугових покриттів для захисту робочих лопаток парових турбін. *В. Г. Маринін* . . . 30
- Мішені для магнетронного розпилювання. *А. А. Кайдалов*. . . . 34
- Енергозберігаюче зварювальне устаткування. Універсальний зварювальний конвертор низької напруги КСУ–320 . . . 38

Охорона праці

- Зниження динамічних навантажень на хребет при спрацьовуванні запобіжних поясів. *І. А. Фоменко, А. Т. Орленко* . . . 41
- Використання інформаційно-аналітичної системи при плануванні працеохоронних заходів у зварювальному виробництві. *О. І. Полукаров, О. Є. Кружилко, Ю. О. Полукаров* . . . 42

Підготовка кадрів

- Наш факультет — вища школа зварювання. *О. Лопаткіна* . . . 45
- Технікум зварювання і електроніки в Дніпропетровську. *І. Кацнельсон, В. Каменецький* . . . 47
- Фахівці про журнал «Сварщик» . . . 48
- Календар виставок на 2006 р. . . . 49
- Як підготувати статтю до публікації . . . 50

CONTENT

News of technique and technologies . . . 3

Industrial experience

- Electroslag cladding of bosses and end face surfaces of blind apertures of a small diameter. *I. A. Ryabtsev, Yu. M. Kuskov, Ya. P. Chernyak, O.G. Kuz'menko* . . . 6
- Powder wire for welding of baths for hot zinc-plating. *L. N. Orlov, A. A. Golyakevich, A. V. Bilinets, A. V. Khil'ko, V. V. Kapusta, O. Yu. Kornetskiy, A. E. Dyudin* . . . 9
- The reasons of explosions of oxygen cylinders. *V. A. Sergienko, I. I. Gumenshaymer*. . . . 11
- Technology of local heat treatment of welded connections of reactor R-1-201 with use of the combined heating. *V. A. Babkin, A. I. Lavrov, P. B. Lovyrev, C. N. Chicherov, A. N. Kalganov, V. P. Lazareva, P. M. Korol'kov* . . . 14

Important date

- To 90th anniversary from birthday of the academician NAS of Ukraine Boris Izrailevich Medovar . . . 17

Our consultations . . . 19

Technologies and equipment

- Features of thermal processes at microplasma and laser welding. *N. M. Voropay, V. M. Ilyushenko, V. Yu. Khaskin, V. A. Mishenkov* . . . 21
- Regulation of heat input at arc welding of steels. *G. I. Lachshenko*. . . . 24
- Definition of a resource on deformations of a wall of welded vessels. *V. M. Dolinskiy, V. I. Cheremskaya* . . . 27
- Properties of vacuum arc coatings for protection working blades of steam turbines. *V. G. Marinin*. . . . 30
- Targets for magnetron sputtering. *A. A. Kaydalov* . . . 34
- Energy saving welding equipment. The universal welding converter of a low voltage KSU-320. . . . 38

Labor protection

- Decreasing of dynamic loadings on a backbone at operation of safety belts. *I. A. Fomenko, A. T. Orlenko* . . . 41
- Use of information-analytical system at planning of labor protection measures in welding production. *O. I. Polukarov, O. E. Kruzhilko, Yu. O. Polukarov*. . . . 42

Training of personnel

- Our faculty — high school of welding. *E. Lopatkina* . . . 45
- Technical school of welding and electronics in Dnipropetrovsk. *I. Katsnel'son, V. Kamenetskiy*. . . . 47
- The experts about a journal «Welder» . . . 48
- Calendar of exhibitions on 2006. . . . 49
- Rules for authors . . . 50

информационно-технический журнал

Сварщик®

Технологии
Производство
Сервис

2 (48) 2006

Свидетельство о регистрации КВ № 3102 от 09.03.98

Учредители	Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины, Государственное внедренческое предприятие «Экотехнология»
Издатель	ГВП «Экотехнология»
Издание журнала поддерживают	Общество сварщиков Украины, Национальный технический университет Украины «КПИ»
	Журнал издается при содействии UNIDO
Главный редактор	К. А. Ющенко
Зам. главного редактора	Б. В. Юрлов, 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
Верстка	Т. Д. Пашигорова, А. Е. Рублева
Адрес редакции	03150 Киев, ул. Горького, 62
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 +107 495 626 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: janis37@navigator.lv
	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 07.04.2006. Формат 60×84 1/8.
Печать офсетная. Бумага офсетная № 1.
Гарнитура PetersburgC. Усл. печ. л. 5,0. Уч.-изд. л. 5,2.
Зак. № 07/04 от 07.04.2006. Тираж 3000 экз.
Печать ООО «Людопринт Украина», 2006.
01023 Киев, ул. Ш. Руставели, 39–41, к. 1012–1014.
Тел. (044) 289–0879, 287–4280.

© «Экотехнология», 2006

Трактор ПАРС ТГФ–1000 для сварки под флюсом и в защитных газах

Техническая характеристика:

Номинальное напряжение трехфазной питающей сети, В . . . . . *380±10%*
Сила номинального сварочного тока при ПВ=100%, А . . *1000*
Напряжение дуги, В *15–50*
Диаметр сварочной проволоки, мм *0,8–3,0; 0,8–5,0*
Скорость сварки, м/ч *10–100*
Регулировка угла наклона сварочной горелки с подающим механизмом, ...° . . . . . *±25*
Регулировка угла поворота сварочной горелки с подающим механизмом по вертикальной оси, ...° . . . . . *±180*
Регулировка угла поворота сварочной горелки с подающим механизмом поперек шва, ...° . . . . . *±90*
Корректировка электрода, мм, не менее:
вертикальная . . . . . *±40*
горизонтальная *75*
Расход охлаждающей жидкости, л/мин *2*
Расход аргона, л/мин, не менее *15*
Расход гелия, л/мин, не менее *50*
Время продувки газа перед сваркой и после сварки, с . . *0,1–9,9*
Габаритные размеры, мм, не более . . . . . *680×300×560*
Масса без сварочной проволоки, кг, не более *48; 52; 51; 56*

Трактор ПАРС ТГФ–1000 предназначен для выполнения качественной механизированной сварки в защитных газах изделий из конструкционных, легированных, нержавеющих сталей, алюминия и его сплавов в цеховых и монтажных условиях.

Трактор ТГФ–1000 с цифровым устройством управления позволяет:

- хранить в долговременной памяти 20 вариантов режима сварки и настроек трактора;
- выполнять сварку протяженными и прерывистыми швами;
- регулировать усилие протяжки проволоки, время продувки газом до и после сварки;
- плавно регулировать и стабилизировать силу тока, напряжение, скорость сварки;
- программировать процесс зажигания и гашения дуги, заварку кратера;
- отобразить на алфавитно-цифровом табло информацию о настройках и параметрах процесса сварки;
- быстро выбрать оптимальный режим и точно настроить аппарат для выполнения работ;
- реализовать защиту электродвигателя от перегрузок;
- механизировать наведение электрода на стык;
- управлять жидкостным охладителем горелки, блоком импульсного питания защитным газом, периферийным оборудованием (вращателем, кантователем, устройством подачи деталей и т. д.).

Применение цифрового устройства управления обеспечивает точность настройки режимов сварки, надежность в эксплуатации, а также облегчает обслуживание благодаря автоматическому тестированию. ● **# 647**

АПС Робототехнические адаптивные системы (АПС РАДИС), Москва

Программно-аппаратный комплекс «Ресурс»

Российскими учеными разработан программно-аппаратный комплекс «Ресурс», позволяющий определить остаточный ресурс эксплуатационных магистральных газопроводов. Это новая установка, аналогов которой в мире нет. Программно-аппаратный комплекс создан научно-учебным центром «Сварка и контроль» при МГТУ им. Баумана. Он позволяет обследовать действующие газопроводы, находить в них дефекты и определять причины их возникновения.

Главная особенность «Ресурса» заключается во взаимосвязи диагностического оборудования с расчетной частью. Это единственный комплекс в мире, который учитывает реальное состояние трубы, подчеркнул заместитель директора научно-учебного центра «Сварка и контроль», профессор Алексей Вощанов.

«Ресурсу» предстоит пройти испытания на действующих трубопроводах. Одновременно с этим будут продолжаться работы по дальнейшему совершенствованию комплекса.

С помощью «Ресурса» можно в кратчайшие сроки и с достоверностью до 80% определить, сколько еще может прослужить конкретный участок газопровода. ● **# 648**

ООО «АРМАРОСС» СтройТрейд, http://user.b2i.ru/news/

Новый способ улучшения свойств магнитных материалов

Исследователи из Института физики металлов Уральского отделения РАН (Екатеринбург) изучили влияние лазерного излучения на современные магнитомягкие материалы — сплавы на основе железа и кремния, и создали технологию, позволяющую делать эти сплавы еще более мягкими. Это дает возможность, например, сократить потери энергии в сердечниках трансформаторов.

Любой ферромагнетик разбит на домены — области, внутри которых магнитные моменты всех атомов направлены в одну сторону. В результате у домена возникает большой магнитный момент, причем в исходном состоянии у каждого домена он направлен произвольно. Когда же к такому материалу поднесен магнит, моменты всех доменов ориентируются одинаково, и материал становится магнитом. Степень легкости, с которой домены магнитного материала меняют ориентировку, отражает его магнитную мягкость. Если материалу предстоит служить постоянным магнитом, он должен быть магнитотвердым. В магнитомягком материале изменение ориентировки доменов должно происходить легко. Именно сочетание большого магнитного момента и легкости изменения ориентировки требуется при работе сердечника трансформатора.

К сожалению, магнитомягкие материалы очень «деликатны»: любые дефекты строения, возникающие при их деформации, затрудняют переориентировку доменов. Поскольку именно деформацию используют для формирования структуры сталей, создать требуемую структуру в магнитомягком материале очень непросто. Размер доменов может оказаться слишком большим, и чтобы переориентировать домен, надо затратить много энергии. Для ее экономии ученые из Института физики металлов УрО РАН под руководством д-ра физ.-мат. наук Юрия Дробышевского решили обработать сталь лазером. Благодаря резкому нагреву и последующему за этим охлаждению в стали возникнут тонкие прослойки материала с измененной структурой, которые разобьют домены на мелкие фрагменты. Тем самым магнитные потери всего материала снизятся.

Чтобы подобрать правильную интенсивность лазерного излучения, над движущейся по конвейеру лентой стали в области воздействия лазера поместили миниатюрный феррозондовый преобразователь, измеряющий магнитное поле рассеяния, величина которого свидетельствует о потерях при перемагничивании стали. ● **# 649**

www.dynastyfdn.com/index.phtml/SciToday/14/64

Новая модель грузового электровоза

Холдинговая компания «Луганськтепловоз» в январе представила первый опытный образец грузового электровоза 2ЕЛ5.

Как заявил в ходе презентации генеральный директор «Укрзалізниці» Василий Гладких, «Укрзалізниця» чрезвычайно заинтересована в приобретении подвижного состава нового поколения — «надежного, с высокими техническими и экономическими показателями».

Обновление парка вагонов и локомотивов «Укрзалізниці» позволит реализовать приоритетную программу по развитию в Украине скоростного движения поездов.

Грузовой электровоз 2ЕЛ5, разработанный «Луганськтепловозом» совместно с Новочеркасским электровозостроительным заводом, качественно отличается от своих предшественников и в перспективе, как планируется, придет на смену старым Л80. Электровоз более экономичен, позволяет снизить расход электроэнергии на 13%, оснащен современной кабиной обтекаемой формы, благодаря чему уменьшается сопротивление движению поезда и увеличивается скорость до 160 км/ч. В ближайшее время электровоз пройдет эксплуатационные испытания на Одесской железной дороге.

Как ожидается, первый украинский пассажирский тепловоз ТЭП150, разработанный «Луганськтепловозом», также сможет развивать скорость до 160 км/ч. Тепловоз будет передан в эксплуатацию депо «Основа» Южной железной дороги.

В декабре 2005 г. «Укрзалізниця» подписала договор о сотрудничестве с «Луганськтепловозом» до 2010 г. ● **# 650**

www.prometal.com.ua

Дизельный сварочный агрегат DLW–400ESW

Двухпостовой дизельный агрегат предназначен для оборудования сварочных постов в полевых условиях, на стройплощадках и в цехах, где нет возможности применить сварочные аппараты, питающиеся от сети переменного тока.

Применение современных бесщеточных генераторов позволило уменьшить массу агрегата и увеличить его надежность. Такой генератор фактически не требует технического обслуживания. При этом уменьшились требования к мощности установленного силового агрегата примерно на 20%, что в свою очередь привело к экономии топлива и смазочных материалов.

Уникальная система управления характеристиками сварочного тока, разработанная и изготовленная фирмой Denyo с использованием современных IGBT транзисторов, обеспечивает стабильные выходные параметры, что гарантирует высокое качество сварки любыми электродами во всех пространственных положениях. Для стабилизации выходного напряжения переменного тока установлен высококачественный автоматический блок AVR, рассчитанный на длительные нагрузки. Стабилизацию теплового режима генератора обеспечивает форсированная система охлаждения, что также является необходимым условием для качественной работы агрегата и увеличения его срока службы. Система контроля нагрузки позволяет экономить топливо и увеличивать ресурс двигателя, автоматически снижая обороты при отсутствии нагрузки.

Таблица. Техническая характеристика генератора DLW–400ESW

Параметр	*Постоянный ток*		*Переменный ток*
	Один сварочн. пост	*Два сварочн. поста*	
Номинальная сила тока, А	330	165	22,8
Номинальное напряжение, В	33,2	26,6	380
Пределы силы сварочного тока, А	60–380	30–190	—
Номинальная частота вращения, об/мин	3000	3000	3000
Габаритные размеры (Д × Ш × В)	1520×720×770		
Масса, кг	460; с топливом 510		

Агрегат оснащен также стандартными опциями предохранительных устройств, которые в автоматическом режиме отключат агрегат при возникновении нештатной ситуации.

Агрегаты DLW сертифицированы международным стандартом ISO 9001. Техническая характеристика генератора приведена в *таблице*. ● **# 651**

TOKIO BOEKI LTD, Московское представительство

Отраслевое решение «БДО: Машиностроение» на базе Microsoft Axapta

Новое отраслевое решение «БДО: Машиностроение», разработанное БДО Юникон Консалтинг*, базируется на глубоком понимании отраслевой специфики и комплексном подходе к построению системы управления машиностроительным предприятием на базе Microsoft Axapta. Решение учитывает все особенности российских машиностроительных предприятий и предназначено как для серийногопроизводства, так и для производства по индивидуальным заказам.

Решение «БДО: Машиностроение» основано на опыте работы компании «БДО Юникон Консалтинг» с ведущими российскими промышленными предприятиями машиностроительной отрасли: АВПК «Сухой», «АвтоВАЗ», «ГАЗ», «КамАЗ», Межгосударственная авиастроительная корпорация, Объединенные машиностроительные заводы (ОМЗ), Омскагрегат, Росавиакосмос, РСК МиГ, ТЗТМ ТИТРАН и охватывает все основные бизнес-процессы машиностроительного предприятия — планирование и оперативное управление производством, управление материально-техническим снабжением, управление затратами, управление сбытом, управление качеством.

Собственная методология внедрения, основанная на требованиях ГОСТов и методологических рекомендациях Microsoft, позволяет сократить сроки внедрения системы управления и обеспечить успех проекта. ● **# 652**

www.prometal.com

* ***Справка.*** *ООО «БДО Юникон Консалтинг» — ведущая российская консалтинговая компания в области информационных технологий. Компания предоставляет полный спектр услуг в сфере управленческого и ИТ-консалтинга: разработка стратегии и бизнес-архитектуры предприятия, совершенствование бизнес-процессов, финансовый менеджмент и контроллинг, создание интегрированных систем управления. Услуги компании сертифицированы на соответствие международному стандарту качества ISO 9001.*

Электрошлаковая наплавка бобышек и торцевых поверхностей глухих отверстий небольшого диаметра

И. А. Рябцев, канд. техн. наук, **Ю. М. Кусков,** д-р техн. наук,
Я. П. Черняк, О. Г. Кузьменко, кандидаты техн. наук, ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины

В производстве часто возникает необходимость наплавки на плоские поверхности износостойких бобышек небольшого диаметра, а также наплавки торцевых поверхностей глухих отверстий малого диаметра (не более 50 мм). Примером может служить наплавка уплотнительных поверхностей деталей запорной арматуры небольшого диаметра. В настоящее время для решения этой задачи используют ручную наплавку электродами ЦН–6Л или ЦН–12М. Однако ручная наплавка в большинстве случаев не позволяет получить наплавленное соединение без дефектов в виде непроваров, шлаковых включений, пор и т. д.

В ИЭС им. Е. О. Патона разработана технология электрошлаковой наплавки (ЭШН) торцевых поверхностей глухих отверстий небольших диаметров и наплавки на плоские поверхности бобышек диаметром 20–30 мм и высотой до 20 мм. Выбор этого способа наплавки обусловлен его большими возможностями регулирования температуры в зоне наплавки, обеспечением качественного формирования наплавленного металла и получением минимального проплавления основного металла.

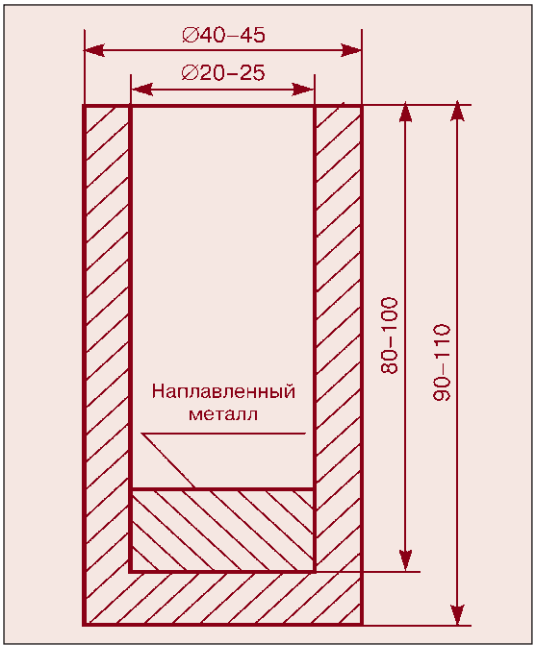


Рис. 1. Заготовка для наплавки внутренних поверхностей глухих отверстий малого диаметра

Для отработки техники и режимов наплавки торцевых поверхностей отверстий малого диаметра были изготовлены образцы из нержавеющей (Х18Н9Т) и низкоуглеродистой (Ст3) сталей *(рис. 1)*. На внутреннюю торцевую поверхность образца наплавляли слой толщиной 10–15 мм. Наплавку выполняли на автомате А–874Н с использованием порошковой проволоки ПП–АН133 диаметром 3,6 мм и ПП–АН157 диаметром 2,6 мм. Наплавку бобышек производили на пластины из стали Ст3 толщиной 5–15 мм с использованием толстостенного медного кристаллизатора с внутренним диаметром 25 мм, который устанавливали на пластину. В зависимости от диаметра отверстий или бобышек использовали ЭШН одной или двумя порошковыми проволоками.

Одноэлектродная схема электрошлаковой наплавки. С целью оценки возможности получения металла заданного состава первоначально была опробована торцевая наплавка бобышек порошковой проволокой ПП–АН133 в медном кристаллизаторе с использованием флюса АН–72, разработанного в ИЭС им. Е. О. Патона. Было установлено, что даже в случае применения подложки минимальной толщины при выбранных режимах наплавки в течение 20–25 с удается получить слой наплавленного металла с хорошо сформированной наружной поверхностью и минимальным проплавлением основного металла *(рис. 2)*. Наплавленный металл плотный, без каких-либо дефектов. Химический состав металла соответствует техническим условиям на проволоку ПП–АН133 *(табл. 1)*. Твердость наплавленного металла 22–24 $HRC_э$. Эти значения несколько ниже значений минимальной твердости, получаемой при дуговой наплавке (27 $HRC_э$). Как показали эксперименты, твердость металла, полученного электрошлаковой наплавкой, может быть повышена за счет изменения условий его охлаждения и достигать 33 $HRC_э$, т. е. соответство-

вать максимальной твердости металла при электродуговой наплавке.

Аналогичные эксперименты проводили с использованием проволоки ПП–АН157 как наиболее перспективного материала для наплавки арматуры. При этом оценивали также возможность использования иных флюсов (48–ОФ10, АНФ–29, АН–15М, АН–26). Изучали влияние электрического режима и величины «сухого» вылета электродной проволоки на стабильность процесса и качество наплавки. Установлено, что для наплавки наиболее целесообразно применять флюс АН–26, выпускаемый в промышленных масштабах. Величина «сухого» вылета электродной проволоки в пределах 75–100 мм не оказывает существенного влияния на стабильность электрошлакового процесса, по-видимому, вследствие непродолжительного времени его протекания.

Первые опыты по наплавке внутренних поверхностей были проведены с использованием проволоки ПП–АН133 и флюса АН–72. Получено качественное формирование наплавленного металла с минимальным (не более 1 мм) проплавлением основного металла. Толщину слоя определяет время плавления электродной проволоки (при одной и той же скорости ее подачи). Зависимость между этими величинами при скорости подачи проволоки примерно 17 м/ч показана на *рис. 3*.

В дальнейшем все эксперименты выполняли, в основном, с использованием порошковой проволоки ПП–АН157 и флюса АН–26. Оценивали качество сплавления основного и наплавленного металлов при наплавке на различных режимах, а также влияние на него материала заготовки.

Как показали исследования, для получения равномерного сплавления по внутренней поверхности заготовок малого диаметра необходимо регулировать тепловую мощность, выделяемую в шлаковой ванне. При наплавке отверстия диаметром 25 мм удельная электрическая мощность, вводимая в шлак, должна быть не ниже 2,0–2,2 кВ·А/см^3. При этом обеспечивается стабильный химический состав наплавленного металла, соответствующий составу электродной проволоки ПП–АН157 *(табл. 2)*. Твердость наплавленного металла 34–36 HRC$_э$. Как видно из табл. 2, несмотря на то, что теплопроводность нержавеющей стали примерно в три раза ниже, чем низкоуглеродистой, это отличие при ЭШН не оказывает большого влияния на проплавление основного металла.

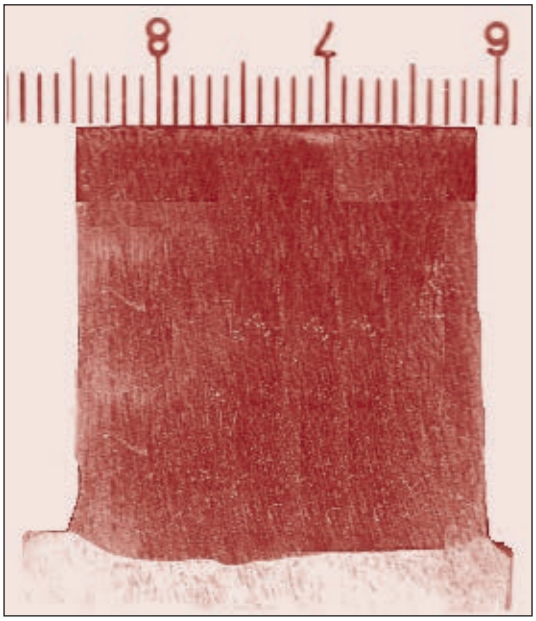


Рис. 2. Макрошлиф продольного сечения наплавленной бобышки диаметром 20 мм

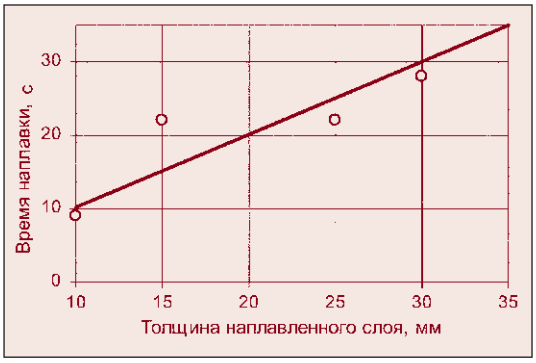


Рис. 3. Толщина наплавленного слоя в зависимости от времени наплавки

Таблица 1. Химический состав металла, наплавленного порошковой проволокой ПП–АН133

Наплавляемая поверхность	*Массовая доля элементов, %*					
	C	*Si*	*Mn*	*Cr*	*Ni*	*Ti*
Бобышка	0,046	5,6	1,45	17,5	9,2	0,12
Торцевая внутренняя поверхность	0,052	5,5	1,45	16,8	9,0	0,14

Таблица 2. Химический состав металла, наплавленного порошковой проволокой ПП–АН157

Материал заготовки	*Массовая доля элементов, %*							
	C	*Si*	*Mn*	*Cr*	*Ni*	*Ti*	*Mo*	*B*
Нержавеющая сталь	0,098	3,9	1,14	17,9	8,2	0,18	1,36	0,50
Низкоуглеродистая сталь	0,093	4,5	1,23	19,0	8,4	0,16	1,45	0,55

Таблица 3. Химический состав металла, наплавленного двумя проволоками ПП–АН133 и ПП–АН157

Марка проволоки	*Массовая доля элементов, %*							
	C	*Si*	*Mn*	*Cr*	*Ni*	*Ti*	*Mo*	*B*
ПП–АН133	0,140	3,9	1,16	16,9	6,2	0,22	—	—
ПП–АН157	0,128	4,0	1,11	17,7	8,2	0,14	1,45	0,50

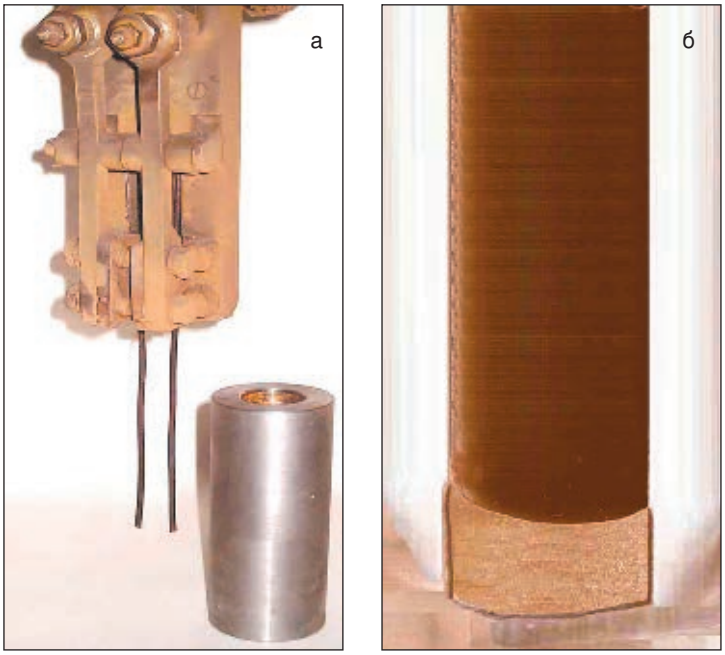


Рис. 4. Наплавляемая заготовка и мундштук для подачи двух электродных проволок (а) и макрошлиф продольного сечения наплавленной заготовки (б)

Двухэлектродная схема электрошлаковой наплавки. Как показали эксперименты, для наплавки торцевых поверхностей глухих отверстий диаметром более 25 мм следует применять двух- и многоэлектродную электрошлаковую наплавку. Это позволяет создать в шлаковой ванне равномерное тепловое поле достаточной мощности.

Для реализации двухэлектродной наплавки был изготовлен мундштук специальной конструкции, позволяющий подавать в шлаковую ванну две электродные проволоки *(рис. 4, а)*. При использовании такого мундштука были получены качественные наплавленные заготовки *(рис. 4, б)*.

Химический состав наплавленного металла приведен в *табл. 3*. Твердость наплавленного металла находилась в тех же пределах, что и при одноэлектродной наплавке.

Таким образом, проведенные исследования позволили подтвердить возможность использования электрошлаковой наплавки при наплавке торцевых поверхностей отверстий небольшого диаметра. При оптимальном выборе марки электрода, его диаметра и схемы подачи наплавочных материалов в шлаковую ванну можно обеспечить качественное соединение основного и наплавленного металлов при минимальном проплавлении основного металла. ● **# 653**

Порошковая проволока для сварки ванн горячего цинкования

Л. Н. Орлов, канд. техн. наук, **А. А. Голякевич, А. В. Билинец, А. В. Хилько,** ООО «ТМ.ВЕЛТЕК»,
В. В. Капуста, О. Ю. Корнецкий, А. Е. Дюдин, ООО «Днепрометиз»

В цехах горячего цинкования систематически проводят работы по ремонту и замене стальных ванн. Это связано практически с полным растворением сварных швов и образованием локального глубокого кородирования зоны термического влияния (ЗТВ) и стенок ванны, что может привести к ее разрушению. При контакте стали с расплавленным цинком ряд факторов способствует протеканию обменных реакций с образованием интерметаллидов Fe_5Zn_{21}, $FeZn_{10}$, $FeZn_{13}$, которые выпадают в осадок. Процесс кородирования можно остановить, создав на внутренней поверхности ванны плотную пленку комплексного интерметаллида, преимущественно $FeZn_{10}$.

Многолетней практикой установлено, что высокую стойкость в расплавленном цинке имеет сталь с низким содержанием углерода (не более 0,06%), кремния (не более 0,05%), марганца, серы и фосфора. В связи с этим ванны горячего цинкования изготавливают из листовой стали Ст08кп, а сварку выполняют электродами с кислым покрытием. После шести месяцев эксплуатации ванны подлежат замене или ремонту, заключающемуся в заварке мест кородирования поверхности стенок и восстановлении размеров растворенных швов. При изготовлении и ремонте ванн горячего цинкования выполняют большой объем сварочных работ, в связи с этим актуально применение механизированной сварки. Сварка в CO_2 сплошной проволокой Св–08Г2С или стандартной порошковой проволокой (например ПП–АН8, ПП–АН29) невозможна, так как при этом не обеспечивается требуемый химический состав металла шва по количеству углерода и кремния. Сложной задачей является предупреждение образования пористости швов при сварке в CO_2 стали с низким содержанием кремния.

Предприятие «ТМ.ВЕЛТЕК» разработало и освоило производство газозащитной порошковой проволоки ППс–ТМВ2 диаметром 1,6 мм для сварки ванн горячего цинкования. Химический состав металла шва оптимизирован по результатам продолжительных испытаний контрольных образцов сварных соединений в ваннах горячего цинкования. Состав проволоки обеспечивает получение плотных швов при низком содержании кремния и углерода в наплавленном металле, что является одним из требований для достижения коррозионной стойкости сварных швов.

Химический состав наплавленного металла, %:

C *0,06*
Si *0,03*
Mn *0,3*
S *0,032*
P *0,013*

Сварные соединения обладают высокими прочностными характеристики благодаря упрочнению ферритной матрицы дисперсной МАК-фазой *(рис. 1)*.

Механические свойства металла шва:

$\sigma_в$, *МПа* *627–603*
$\sigma_т$, *МПа* *534–515*
δ, *%* *16,0–18,0*
Ψ, *%* *35–38*
KCV, Дж/см²:
при +20 °С *80–101*
при 0 °С *53–50–50*

Применение технологии заполнения разделки валиками малого сечения позволило дополнительно диспергировать структуру металла шва с формированием зон нормализации.

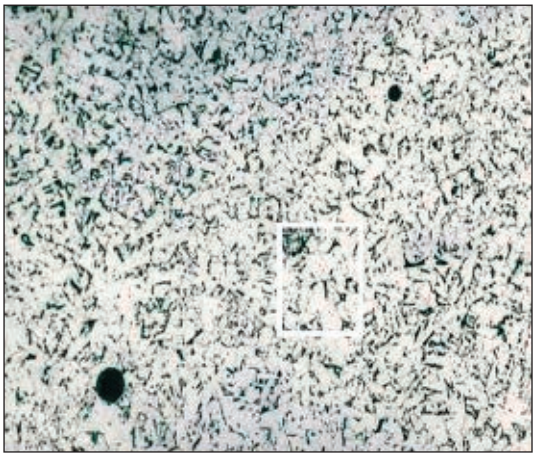


Рис. 1. Микроструктура металла шва, выполненного проволокой ППс–ТМВ2, ×250

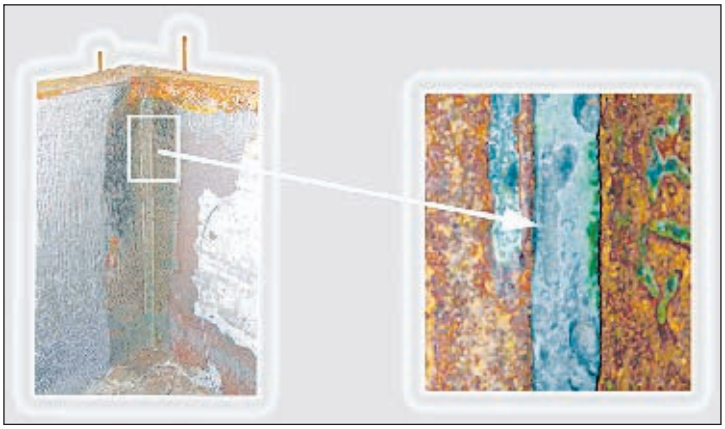


Рис. 2. Поверхность ванны в зоне сварного шва после года эксплуатации

Порошковая проволока ППс–ТМВ2 и технология сварки применены в ОАО «Днепропетровский завод металлоконструкций им. Бабушкина» при изготовлении ванн горячего цинкования. Ванны размерами 3400×1380×1200 мм изготовлены из листовой стали Ст08кп толщиной 30 мм. Сварку выполняли на постоянном токе обратной полярности. Сила сварочного тока 280–300 А, напряжение дуги 28–29 В, расход CO_2 — 12–16 л/мин. Производительность сварки составила 5,6–6,0 кг/ч. Коэффициент расхода проволоки 1,15.

Применяли два варианта технологии сварки: сварка ванн проволокой ППс–ТМВ2; сварка проволокой Св–08Г2С в CO_2 с плакированием швов проволокой ППс–ТМВ2. Оба варианта обеспечивают коррозионную стойкость сварных соединений и увеличение ресурса ванн. Качество сварных швов проверяли визуально и с применением ультразвукового контроля. В сварном соединении отсутствовали несплавления, межслойные шлаковые включения, трещины и поры.

Ванны, изготовленные с применением порошковой проволоки ППс–ТМВ2, были установлены в цехе цинкования ОАО «Днепрометиз». Визуальный контроль ванн после эксплуатации в течение года показал отсутствие коррозии сварных швов и ЗТВ *(рис. 2)*. Дальнейшая эксплуатация ванн позволит определить максимальный их ресурс.

Порошковая проволока обладает хорошими сварочно-технологическими свойствами, что позволяет успешно применять ее как для сварки, так и для ремонта ванн. Использование механизированной сварки порошковой проволокой ППс–ТМВ2 повысило производительность сварочных работ в 2,5 раза. За счет более высокого выхода годного металла снижено количество потребляемого сварочного материала.

Порошковую проволоку поставляют потребителю в мотках или в стандартных кассетах К200 и К300, полностью готовую к применению. Упаковывают проволоку в металлические барабаны массой 50–70 кг по ГОСТ 26101–84. По требованию потребителя проволоку могут поставлять в картонных коробках по одному мотку или кассете, предварительно упакованных в полиэтиленовую пленку. ● **# 654**

Вниманию специалистов!

Издательство «Экотехнология» в 2006 г. готовит к выпуску книги:

Г. И. Лащенко.

Способы дуговой сварки стали плавящимся электродом

Рассмотрены структурные схемы способов дуговой сварки плавящимся электродом (ДСПЭ) и общие вопросы свариваемых сталей. Изложены современные представления об энергетической эффективности процесса, формировании швов, производительности и энергетических показателях ДСПЭ. Приведены современные способы сварки с применением различных защитных сред. Обобщены способы сварки, позволяющие регулировать тепловложение в свариваемое изделие. Описаны способы улучшения формирования швов и высокопроизводительные способы ДСПЭ. Приведены сведения о гибридных и комбинированных способах дуговой сварки плавящимся электродом.
Рассчитана на инженерно-технических работников, занятых в области сварочного производства. Может быть полезна преподавателям, аспирантам и студентам вузов.

П. М. Корольков.

Термическая обработка сварных соединений
3-е издание, переработанное и дополненное

Приведены технические данные о местной термической обработке сварных соединений, применяемой в строительно-монтажных, полевых и ремонтных условиях на трубопроводах и технологическом оборудовании в различных отраслях промышленности (газовой, нефтяной, нефтеперерабатывающей и др.). Рассмотрены виды и режимы термообработки, способы нагрева и применяемые материалы, нагревательные устройства, оборудование. Описаны технология термообработки, способы контроля температуры и качества. Особое внимание уделено организации работ и технике безопасности.
Рассчитана на инженерно-технических работников и производственный персонал (операторов-термистов, сварщиков, дефектоскопистов и др.), может быть использована в качестве учебного пособия при подготовке операторов-термистов на передвижных термических установках.

Заявки на приобретение книг направляйте в редакцию журнала «Сварщик» по адресу: *03150 Киев, ул. Антоновича, 62, издательство «Экотехнология»; тел./ф. +380 44 287 6502; e-mail:welder@welder.kiev.ua.*

Причины взрывов кислородных баллонов

В. А. Сергиенко, И. И. Гуменшаймер, Завод автогенного оборудования «ДОНМЕТ» (Краматорск)

Кислород, являясь активным окислителем, самостоятельно не способен к выделению энергии за счет горения или термического распада, исключением является случай, когда происходит освобождение энергии в результате расширения предварительного сжатого кислорода (как и любого другого газа, в том числе и инертного). Таким образом, экзотермическая реакция, следовательно, и взрыв в кислородном баллоне возможны только при наличии смеси, одним из компонентов которой является кислород, другим — газ, способный вступить в экзотермическую реакцию с кислородом, т. е. горючий газ.

Это предположение подтверждается тем, что при контроле наполнения баллонов с использованием газоанализаторов СГГ–4М–3 или СТХ–17–2(4) неоднократно обнаруживали «зараженные» баллоны...» *(В. Чижиченко. Взрывобезопасность кислородных баллонов. — «Охрана труда». — 2002. — № 8. — стр. 33).* Чтобы горение газокислородной смеси было возможно, необходима концентрация горючего газа в смеси не ниже нижнего концентрационного предела, величина которого практически не зависит от давления кислорода в баллоне. Для ацетилена в кислороде этот предел равен 2,3%, а для метана — 4,7%. Достижение такой концентрации в баллоне с остатками горючего газа в случае несанкционированной его заправки, например метаном, маловероятно, следовательно, в гомогенной газокислородной смеси взрыв теоретически невозможен. Тем не менее, взрывы происходят.

Предположим, что по чьей-то нерадивости кислородный баллон действительно оказался заправлен природным газом (метаном), а небольшое остаточное давление газа после прекращения его отбора и является той самой «причиной», которая создает горючую смесь при последующем заполнении баллона кислородом (если горючий газ в баллоне по какой-либо причине не обнаружен и баллон не изъят из обращения). Может ли та небольшая доля горючего газа быть источником взрыва? А если может, то достаточно ли энергии при взрыве для разрушения баллона?

Концентрация горючего газа в баллоне, на первый взгляд, столь низка, что вне зависимости от давления образовавшаяся смесь гореть просто не способна. Действительно, если остаточное давление газа в кислородном баллоне перед заправкой не превышает 0,1 МПа (по правилам безопасности — не ниже 0,05 МПа), то после заправки давление кислорода равно 15 МПа, а объемное содержание горючего газа не превышает 0,66%, что явно недостаточно для получения горючей смеси.

Однако с учетом того, что молекулярная масса метана (16) в два раза меньше молекулярной массы кислорода (32), с течением времени происходит изменение концентрации этих газов по высоте баллона: в донной части баллона концентрация метана окажется минимальной, а в верхней — максимальной. При этом концентрация метана в верхней части баллона может превысить нижний концентрационный предел воспламенения метана в кислороде (4,7%). Это подтверждается тем, что при подготовке газовых смесей на химических заводах, в частности на Львовском химическом заводе, баллоны с газовой смесью разрешено хранить только в горизонтальном положении.

В начальный период отбора кислорода из баллона истекает не чистый кислород, а полноценная горючая смесь. При проникновении пламени в баллон, а такое в данном случае весьма вероятно, воспламеняется (взрывается) тот слой газокислородной смеси в баллоне, концентрация метана в котором превышает нижний концентрационный предел воспламенения. Именно этим вызвано то, что взрывы происходят, как правило, в начале отбора кислорода, когда давление в баллоне 12–15 МПа. Взрыв приводит к резкому росту давления в баллоне и, возможно, появлению ударной волны, локальное давление в которой может в десятки раз превышать общее давление в баллоне, в результате чего может произойти разрушение.

Возможен вариант, при котором энергии взрыва смеси, способной гореть после проникновения пламени в баллон, недостаточно для его разрушения, но весьма вероятен мгновенный разогрев внутренней поверхности стенки баллона до высокой температуры. В ряде случаев разогрев стенок может привести к воспламенению самого материала баллона. Результаты исследований, описанные в работе *Б. А. Иванова «Безопасность применения материалов в контакте с кислоро-*

дом» (М.: «Химия», 1974), показывают, что углеродистая сталь, из которой изготавливают кислородный баллон, в некоторых условиях способна гореть уже при давлении кислорода, не превышающим 0,1 МПа.

Небольшая скорость потока кислорода снижает его предельное давление, при котором возможно горение, и значительно увеличивает скорость горения. Причем, как отмечает автор, наиболее резкое расширение области горения (снижение давления) наблюдается при небольших значениях скорости потока кислорода. При скорости потока кислорода более 0,3–0,5 м/с влияние его становится незначительным. Указанный уровень скоростей потока кислорода вполне может соответствовать тем скоростям потока, которые возникают в баллоне при отборе кислорода, что еще больше увеличивает вероятность возгорания металла, если есть инициатор горения.

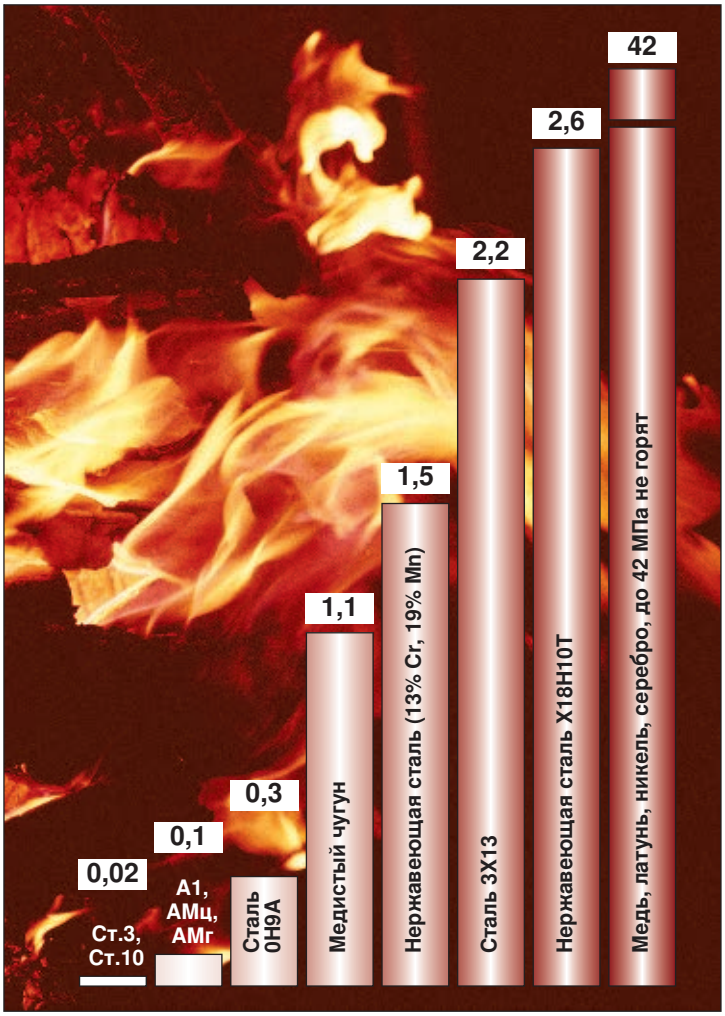


Рисунок. Диаграмма предельного давления кислорода, МПа, при котором возможно горение различных металлов (диаметр образца 3 мм, скорость потока кислорода 0, температура 20 °С, расположение образцов горизонтальное)

Важное значение имеет технология изготовления баллона. Если баллон изготовлен методом раскатки, то зачастую образуются так называемые плёны, т. е. стенка баллона слоистая. Края слоев металла, выходящие на поверхность, являются идеальными очагами первоначального возгорания металла.

Если каким-либо образом в кислородный баллон попали твердые частицы, имеющие в своем составе горючие вещества, например сварочный шлак, прокатная окалина, железная стружка или опилки, то, по мнению Б. А. Иванова, при определенных параметрах кислорода (плотности, скорости потока) возможно воспламенение этих частиц и зажигание кислородопровода.

Очевидно, что выводы, приведенные Б. А. Ивановым по отношению к кислородопроводам, вполне можно применить и к кислородным баллонам. Для зажигания кислородопроводов необходимо иметь в потоке кислорода большое количество горючих твердых частиц, от сгорания которых энергия передается небольшим участкам кислородопровода. Однако наличие большого количества твердых горючих частиц в кислородном баллоне маловероятно, но присутствие дополнительно небольшого количества остаточного газообразного горючего вполне может вызвать возгорание кислородного баллона.

Причиной возгорания металла баллона могут быть не только остатки горючего газа в баллоне, но и наличие масла на поверхностях, контактирующих с кислородом, например, на вентиле или, что еще хуже, на внутренней поверхности баллона. В этом случае возможно самовозгорание масла, в результате чего выделяющаяся энергия передается металлу баллона, что и провоцирует его возгорание.

Однако при наличии остатков горючего газа в баллоне взрыв вполне может произойти и без возгорания материала баллона. Это связано с коррозией металла. Под действием влажного кислорода внутренняя поверхность стенок баллонов может подвергаться коррозии. Образующиеся при этом гидраты оксидов железа $Fe(OH)$; $Fe(OH)_2$; $Fe(OH)_3$ представляют собой рыхлую массу, легко проницаемую для кислорода, что способствует распространению коррозии в глубь стенки.

Сухой кислород вызывает лишь медленное окисление железа в тонком поверхностном слое. Образующиеся при этом оксиды покрывают металл сплошной пленкой, огра-

ничивая дальнейший процесс окисления. При отсутствии влаги и примесей поваренной соли в воде, применяемой для смазки кислородных компрессоров, не наблюдается заметной коррозии даже после эксплуатации баллонов в течение 20 лет и более.

Учитывая то, что заправляемый в баллоны кислород часто содержит сверхнормативное количество влаги (допустимое количество влаги 0,003%), нельзя исключить и то, что вместе с влагой в баллон во многих случаях может попасть растворенная в ней поваренная соль NaCl, ведущая к еще более ускоренному разрушению материала баллона коррозией.

Из сказанного следует, что причинами взрыва кислородного баллона могут быть:

- разрушение баллонов в результате местной коррозии. В этом случае разрушение может вызвать непосредственно давление кислорода, а саморазрушение произойти в процессе заправки;
- разрушение баллона, подвергшегося местной коррозии, спровоцированное несанкционированным скачкообразным ростом давления внутри баллона вследствие воспламенения в нем остатков горючего газа, которые в результате отстоя образовали, пусть даже в малом количестве, вполне способную к взрыву горючую смесь;
- разрушение исправного баллона в результате образования в нем отстоявшимися остатками горючего газа слоя горючей смеси, горение которой способно привести к воспламенению металла баллона;
- разрушение исправного баллона в результате воспламенения материала баллона (как металла, так и неметалла), спровоцированного воспламенением остатков масел в местах, контактирующих с потоком кислорода.

Установить, почему взорвался тот или иной кислородный баллон, очень сложно, а чаще всего и просто невозможно. Но причина всегда одна и та же: контакт газообразного кислорода с органическим веществом в сочетании с каким-либо дополнительным фактором. Этими факторами являются температура, давление, скорость движения кислорода, детонация, микроискра, которые и могут привести к взрыву. Немалую роль играет и человеческий фактор. Необходимо пересмотреть критерии выбора материала для изготовления кислородных баллонов; при выборе учесть результаты исследований, описанные Б. А. Ивановым, в частности, предельное давление кислорода, при котором возможно горение различных материалов *(рисунок)*. ● **# 655**

СТАНДАРТЫ	
Обозначение	*Название*
Стандарты Украины	
ДСТУ 2448–94	Кислородная резка. Требование безопасности
ДСТУ ISO 14175:2004	Материалы сварочные. Защитные газы для дуговой сварки и резки (ISO 14175:1997, IDT)
Нормативные документы	
ДНАОП 0.00-1.20-98	Правила безопасности систем газоснабжения Украины
НАОП 1.4.10-1.03-85	Правила техники безопасности и производственной санитарии при производстве ацетилена, кислорода и газопламенной обработке металлов
ДНАОП 1.1.10-1.04-01	Правила безопасной работы с инструментом и приспособлениями
Межгосударственные стандарты	
ГОСТ 12.3.036-84	ССБТ. Газопламенная обработка металлов. Требования безопасности
ГОСТ 12169-82	Заготовки стальные, вырезаемые кислородной резкой. Припуски
ГОСТ 14792-80	Детали и заготовки, вырезаемые кислородной и плазменно-дуговой резкой. Точность, качество поверхности реза
Международные стандарты	
ISO 5175:1987	Equipment used in gas welding, cutting and allied processes — Safety devices for fuel gases and oxygen or compressed air — General specifications, requirements and tests
ISO 7289:1996	Quick-action couplings with shut-off valves for gas welding, cutting and allied processes. Ed. 2
ISO 15615:2002	Gas welding equipment — Acetylene manifold systems for welding, cutting and allied processes — Safety requirements in high-pressure devices
Стандарт США ANSI/ASC Z49.1-88	Safety in welding and cutting

Технология местной термообработки сварных соединений реактора Р-1-201 с использованием комбинированного нагрева

В. А. Бабкин, А. И. Лавров, П. Б. Ловырев, С. Н. Чичеров, ОАО «ВНИИПТхимнефтеаппаратуры»,
А. Н. Калганов, В. П. Лазарева, ОАО «Пензхиммаш»,
П. М. Корольков, ОАО «ВНИИмонтажспецстрой» (Россия)

На Комсомольском нефтеперерабатывающем заводе (Комсомольск-на-Амуре) при монтаже реактора Р–1–201 возникла необходимость проведения местной термообработки непосредственно в монтажных условиях двух кольцевых сварных соединений корпуса реактора, так как реактор был поставлен на НПЗ в трех частях.

Корпус реактора, изготовленный ОАО «Пензхиммаш», имеет наружный диаметр 3 м, толщину стенки 110 мм. Материал ректора — биметалл: основной слой толщиной 102 мм из стали 12ХМ, плакирующий слой толщиной 8 мм из стали 12Х18Н10Б. Сварные соединения находились на высоте 12 и 22 м.

Согласно РТМ 26–44–82 «Термическая обработка нефтехимической аппаратуры и ее элементов», сварные соединения должны быть подвергнуты местной термической обработке по режиму высокого отпуска с нагревом до 670–710 °С со скоростью не более 70 °С/ч, выдержке в течение 3 ч с последующим охлаждением со скоростью не более 50 °С/ч. Работы выполнял институт ОАО «ВНИИПТхимнефтеаппаратуры» (Волгоград) совместно с персоналом ОАО «Пензхиммаш».

При подготовке к термообработке необходимо было решить следующие вопросы:

- выбрать технологию термообработки (односторонний или двухсторонний нагрев и способы нагрева);
- определить величину зоны равномерного нагрева;
- произвести подсчет количества единиц оборудования и их мощности для газопламенного нагрева и нагрева электронагревателями сопротивления;
- разработать технологические мероприятия, обеспечивающие соблюдение реального режима термообработки.

Определяя технологию нагрева, принимали во внимание результаты теплотехнических расчетов и практического опыта местной термообработки сварных соединений больших толщин. При использовании радиационных методов нагрева (электронагревателями сопротивления или газопламенного) получение величины перепада температуры не более 30 °С при одностороннем нагреве возможно только при толщине стенки до 30 мм. При использовании внутренней теплоизоляции такой перепад может быть получен для стенок сварного соединения толщиной не более 60 мм. Если толщина стенок более 60 мм, то соблюдение вышеуказанного значения перепада возможно только при двухстороннем нагреве. Это подтверждается также при использовании индукционного нагрева токами средней частоты 2500 Гц при местной термообработке сварного соединения барабана котлоагрегата ТГМЕ–206 из стали 16ГНМА с толщиной стенки 110 мм. Для получения перепада температуры не более 30 °С был использован двухсторонний нагрев: снаружи — индукционный токами средней частоты 2500 Гц и изнутри — электронагревателями типа КЭН, практически являющимися электронагревателями сопротивления.

Подсчет электрической мощности для двухстороннего нагрева с использованием электронагревателей сопротивления показал необходимость затрат, равных практически 1 МВт. Кроме того, установка электронагревателей внутри реактора затруднена: необходимы электрические провода, выдерживающие температуру 700 °С, и значительное количество электрических контактов между проводами и электронагревателями. Институтом и заводом-изготовителем была предложена схема двухстороннего комбинированного нагрева: снаружи — электронагревателями сопротивления, а изнутри — продуктами сгорания дизельного топлива, полученными в специальной теплогенераторной установке ТГЖ, разработанной институтом.

В соответствии с требованиями РТМ 26–44–82 зона равномерного нагрева должна быть не менее 550 мм (2,5–3,0 толщины стенки реактора в каждую сторону от оси сварного шва по всему кольцу). Кроме того, необходимо было учесть, что в нижней части сварного соединения возле заводского штуцера нужно установить теплогенератор *(рисунок)*. Таким образом, для сварного соединения, находящегося на высоте 12 м, двумя теплоизоляционными перегородками был ограничен объем реактора, необходимый для нагрева, равный по высоте 1,9 м, в том числе 0,6 м выше и 1,3 м ниже оси сварного шва. Для теплоизоляции наружной поверхности с установленными на ней электронагревателями сопротивления было применено кремнеземное волокно толщиной 50 мм.

Для проведения термической обработки сварных соединений комбинированным способом оказалось достаточно использовать 88 электронагревателей сопротивления типа нагревательных матов размерами 205×255 мм, мощностью 2,7 кВт каждый, установленных в два ряда симметрично оси сварного шва на наружной поверхности. Это позволило для нагрева наружной поверхности использовать две программные установки фирмы «Маннингс» суммарной мощностью 300 кВт, а для нагрева внутренней поверхности — один теплогенератор ТГЖ, диапазон тепловой мощности которого составляет от 200 до 1200 кВт.

Термообработку сварных соединений осуществляли следующим образом. Одновременно с включением термообрабатывающих установок «Маннингс», обеспечивающих режим нагрева наружной поверхности по заданной программе, включали теплогенератор, осуществляющий подачу теплоты от сгорания жидкого топлива через устройство ввода теплоносителя в нагреваемый отсек. В качестве топлива использовали дизельное, которое из емкости подавалось на форсунку теплогенератора за счет энергии сжатого воздуха, получаемого от компрессора. Режим работы теплогенератора регулировали, изменяя подачу топлива и воздуха в камеру сгорания. Конструкция применяемого теплогенератора обеспечивала высокую скорость подачи теплоносителя во внутреннее пространство отсека, что в свою очередь вызывало интенсивную рециркуляцию продуктов сгорания в его внутреннем объеме и способствовало равномерному распределению температуры по всей нагреваемой поверхности. Для выброса отработанного теплоносителя использовали специальное отверстие в теплоизоляционной перегородке. Процесс нагрева контролировали 22 термоэлектрических преобразователя типа ХА (К), установленные по периметру сварного шва. Для управления теплогенератором и процессом внутреннего нагрева использовали термоэлектрический преобразователь T_m, установленный на внутренней поверхности корпуса в зоне сварного соединения. Его рабочий спай, изолированный от возможного влияния потока теплоносителя, контролировал непосредственно температуру внутренней поверхности корпуса реактора. При установке его напротив одного из внешних термопреобразователей появилась возможность контролировать перепад температуры по толщине стенки корпуса.

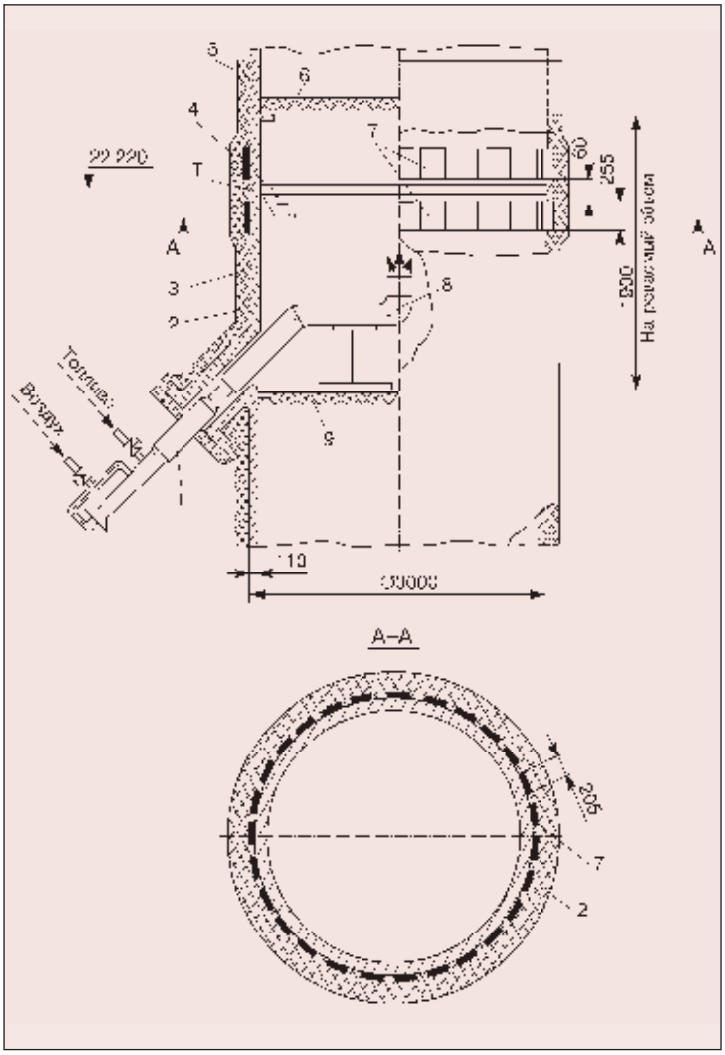


Рисунок. Схема комбинированного нагрева монтажного сварного соединения реактора Р–1–201: 1 — теплогенератор; 2 — теплоизоляция; 3, 5 — свариваемые обечайки; 4 — термообрабатываемое сварное соединение; 6, 9 — нижняя и верхняя теплоизолирующие перегородки; 7 — электронагреватели сопротивления; 8 — устройство ввода теплоносителя; T_m, Т — термоэлектрические преобразователи

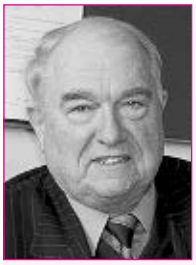
Нагрев сварного соединения проводили по режиму высокого отпуска для стали 12ХМ. Скорость нагрева составляла 75 °С/ч, температура нагрева 690 °С, время выдержки 3 ч, скорость охлаждения 35 °С/ч. Перепад температур по толщине стенки в начальной стадии нагрева (до 350 °С) не превышал 40 °С, после 350 °С — не более 10 °С, в период выдержки разница температур составляла 0–10 °С (685–695). Общий цикл термообработки 22 ч без подготовительных мероприятий, с учетом подготовительных мероприятий (установка перегородок, монтаж устройства ввода теплоносителя, теплоизоляционные работы, установка электронагревателей) — 48 ч.

Аналогичным образом была проведена термообработка второго сварного соединения на высоте 22 м.

Контроль качества (УЗД и цветная дефектоскопия), проверка твердости (190 НВ) отрицательного влияния термообработки на сварное соединение не выявили.

Проведенные работы показали возможность качественного проведения местной термообработки непосредственно при монтаже сварных соединений толстостенных сосудов давления с использованием комбинированного двухстороннего нагрева: снаружи — электронагревателями сопротивления и внутри — газообразным теплоносителем от специальных теплогенераторных установок. ● **# 656**

Владимиру Александровичу ТРОИЦКОМУ — 70 лет



21 февраля 2006 г. исполнилось 70 лет доктору технических наук, профессору, руководителю отдела неразрушающих методов контроля качества сварных соединений Института электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины, председателю Украинского общества неразрушающего контроля и технической диагностики ***Владимиру Александровичу Троицкому.***

Производственная деятельность В. А. Троицкого началась в 1958 г. после окончания с отличием Московского электромеханического института (МЭМИИТ).

В 1961 г. В. А. Троицким было предложено использовать магнитодиэлектрики в низкочастотной технике, что позволило усовершенствовать технологию производства широкого класса электрических машин, узлов реакторов и других устройств. По результатам этой работы и ее внедрению В. А. Троицким была защищена кандидатская диссертация.

В 1964 г. В. А. Троицкий был приглашен в ИЭС им. Е. О. Патона. Им были разработаны теоретические основы метода амплитудного регулирования в силовых источниках тока, получившего название «магнитная коммутация», под его руководством созданы новые типы источников питания. Производство этих и других устройств было освоено на 12 предприятиях СНГ.

В 1973 г. В. А. Троицкий защитил докторскую диссертацию по итогам многолетней работы по разработке сварочных источников питания.

С 1976 г. профессор В. А. Троицкий руководит отделом неразрушающих методов контроля качества сварных соединений в Институте электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины. Под руководством В. А. Троицкого разработано много различных электромагнитных устройств, которые широко применяют в промышленности.

В. А. Троицкий активно участвовал в подготовке и введении в Украине международной системы сертификации специалистов по различным методам неразрушающего контроля, в создании сети учебных и аттестационных центров. Он является автором и соавтором более 400 печатных работ (монографий, книг, научных статей и изобретений).

Большое внимание В. А. Троицкий уделяет подготовке научных кадров. Под его руководством подготовили и защитили кандидатские диссертации многие ученые.

С 1991 г. проф. В. А. Троицкий является президентом Украинского общества НКиТД и заместителем председателя Технического комитета ТК–78 Госпотребстандарта Украины.

В. А. Троицкий избран членом обществ неразрушающего контроля Германии, России, Англии, США и других стран, участвует в работе Международного комитета (ISNDT) и Европейской федерации (EFNDT) по неразрушающему контролю.

За свою многолетнюю плодотворную деятельность по усовершенствованию методов неразрушающего контроля В. А. Троицкий был удостоен Премии Совета Министров СССР.

От всей души поздравляем Владимира Александровича Троицкого с 70-летием, желаем здоровья, новых творческих успехов!

Совет Общества сварщиков Украины, редколлегия, редакционный совет и редакция журнала «Сварщик»

К 90-летию со дня рождения академика НАН Украины Бориса Израилевича Медовара

Имя Бориса Израилевича Медовара — выдающегося ученого в области металлургии и технологии металлов, академика Национальной академии наук Украины, заслуженного деятеля науки и техники Украины, которому 29 марта исполнилось бы 90 лет, — неразрывно связано с созданием в конце 1950-х — начале 1960-х годов научных основ электрошлаковой металлугии, промышленных технологий и печей электрошлакового переплава, положивших начало становлению специальной электрометаллургии.

Б. И. Медовар известен также как выдающийся ученый в области сварки, творческий путь которого неразрывно связан с Институтом электросварки им. Е. О. Патона. В 1941 г., едва начав работать в Институте электросварки, он ушел добровольцем в действующую армию. В 1943 г. он был отозван из армии и откомандирован в Институт электросварки в г. Нижний Тагил. Там, в одном из цехов легендарного Уралвагонзавода, Б. И. Медовар с сотрудниками института под руководством академика Евгения Оскаровича Патона работал над совершенствованием механизированной технологии сварки бронекорпусов танков Т–34 и другой военной техники для фронта. Именно здесь, в Нижнем Тагиле, формируется его отношение к трудовому процессу: работать столько, сколько требует дело, которое любишь и которому беззаветно предан.

С 1944 по 1951 год Б. И. Медовар — ученый секретарь Института электросварки. Непростую, требующую организационного таланта административную деятельность в новой для себя должности он умело сочетает с интенсивной работой ученого-исследователя и экспериментатора. За разработку технологии скоростной автоматической сварки под флюсом, которая была использована для создания отечественного производства сварных стальных труб большого диаметра, Б. И. Медовару вместе с другими сотрудниками ИЭС и работниками Харцызского трубного завода, внедрившего эту новую технологию, в 1950 г. была присуждена Сталинская премия.

В 1947–1949 гг. Б. И. Медовар вместе с А. Е. Аснисом впервые обращает внимание на отрицательное влияние меди на механические свойства низколегированных сталей с повышенным содержанием марганца и предлагает эффективные средства предотвращения ее охрупчивающего воздействия. Эта работа имела большое практическое значение, поскольку в то время в мартеновских печах в качестве шихтовых материалов широко использовался скрап из бывшей военной техники, отличающийся повышенным содержанием меди. В эти годы Б. И. Медовар обосновывает целесообразность и необходимость использования при двухдуговой скоростной сварке наклонным электродом высокомарганцевого кислого флюса пемзовидного строения. И сегодня флюс АН–60, предложенный им совместно с Е. И. Лейначуком, широко применяется на трубных заводах. Не утратили практического значения и результаты его исследований реакции металла зоны термического влияния на воздействие термодеформационного цикла дуговой сварки при отрицательных температурах. В 1949–1952 гг. Б. И. Медовар вместе с А. Е. Аснисом впервые в отечественной сварочной науке разрабатывают основы сварки под флюсом двухслойных сталей.

В 1949–1953 гг. Б. И. Медовар создает теоретические основы металловедения и металлургии сварки аустенитных сталей и сплавов. Ученый открывает зависимость между диаграммой состояния, в соответствии с которой происходит кристаллизация металла шва, и его стойкостью против образования кристаллизационных трещин. Он экспериментально обнаруживает и теоретически обосновывает механизм положительного действия первичного δ–феррита на физико-механические свойства сварных швов, исследует влияние двухфазной структуры сварных швов на их сопротивляемость горячим

трещинам и межкристаллитной коррозиии, разрабатывает оригинальную методику экспрессной оценки стойкости сварных соединений аустенитных сталей против межкристаллитной коррозии.

Изучая процессы кристаллизации металла в специфических условиях сварочного нагрева и охлаждения, Б. И. Медовар устаналивает взаимосвязь структуры и свойств сварных соединений и получает интереснейшие данные о влиянии химического состава металла шва, формы сварочной ванны и некоторых других факторов сварочного процесса на вероятность образования горячих трещин.

В 1950 г. Б. И. Медовар впервые предлагает использовать для сварки аустенитных сталей низкокремнистый высокоглиноземистый флюс АН–26. И сегодня, спустя более 55 лет, этот флюс применяется в промышленности.

В 1950–1952 гг. Б. И. Медовар выполняет цикл исследований так называемой ножевой коррозии металла зоны термического влияния соединений из аустенитных сталей. Примерно в это же время он проводит ряд исследований влияния легкоплавких эвтектик на способность сварного шва противостоять образованию горячих (кристаллизационных) трещин. Полученные данные позволили впервые в мировой практике доказать, что с увеличением количества эвтектической составляющей склонность к образованию горячих трещин сначала возрастает, а затем монотонно снижается. Выдвинута и доказана гипотеза относительно механизма залечивания горячих трещин эвтектической составляющей. Цикл теоретических и экспериментальных исследований природы образования горячих (кристаллизационных) трещин при сварке аустенитных сталей и сплавов, выполненный Б. И. Медоваром, признан классическим.

Выполненные им работы по исследованию δ-феррита, взаимосвязи структуры и свойств сварных соединений, влияния двухфазной структуры сварных швов на сопротивление горячим трещинам и межкристаллитной коррозии были отмечены премией им. Д. К. Чернова (1959), присуждаемой АН СССР за выдающиеся работы в области металловедения.

Предложенные Б. И. Медоваром и С. М. Гуревичем флюсы для сварки высоколегированных сталей и сплавов, не содержащие оксидных соединений, до настоящего времени успешно применяются в промышленности.

Монография Б. И. Медовара «Сварка хромоникелевых аустенитных сталей» выдержала три издания (1954, 1958, 1966) и стала настольной книгой для многих специалистов. Эта монография в марте 1960 г. была защищена им в качестве докторской диссертации.

Продолжая заниматься проблемами сварки аустенитных сталей и сплавов, Б.И. Медовар начинает работы по изучению электрошлакового сварочного процесса, открытого в ИЭС в конце 1940-х годов.

В 1952 г. совместно с Б. Е. Патоном он исследует процесс первичной кристаллизации электрошлакового металла в условиях свободной усадки и получает первый в мире небольшой электрошлаковый слиток с превосходными свойствами. Последующие экспериментальные исследования и обобщения позволили разработать принципиально новый способ производства металла особо высокого качества – электрошлаковый переплав, который явился основой новой отрасли металлургического производства – специальной электрометаллургии. В начале 1960-х годов работы по исследованию ЭШП, его развитию и практическому применению занимают все большее место в деятельности Б. И. Медовара. Но без выдающегося ученого-сварщика Б. И. Медовара не состоялся бы выдающийся ученый-металлург Б. И. Медовар.

Восхищают и поражают многогранность и широта научных интересов и устремлений Б. И. Медовара. Это практически все виды сварки и самые разные области ее применения: скоростная автоматическая сварка под флюсом в трубном производстве, теоретические основы металловедения и металлургии сварки плавлением и в твердой фазе аустеенитных сталей и сплавов при изготовлениии химической и энергетической аппаратуры, автовакуумная сварка давлением разнородных сталей, в частности, при получении толстолистового биметалла для корпусов атомных энергетических установок, электрошлаковая сварка металла сверхбольших толщин с применением кусковых присадочных материалов в производстве крупнотоннажных заготовок для валков и роторов, электрошлаковая наплавка с применением жидкого металла в производстве композитных прокатных валков нового поколения и др.

Б. И. Медовар был человеком большой души и кипучей энергии, умел создать в научных коллективах атмосферу уважения и активной доброжелательности.

Стиль Б. И. Медовара как ученого всегда отличался смелостью экспериментов, был основан не только на глубоких знаниях металлургии, металловедения, сварки, но и на блестящем понимании технологии современного машиностроения, нужд промышленности, общества. Он всегда вел активную исследовательскую работу в традициях патоновской школы: от идеи — к лабораторному эксперименту, затем — к быстрому и эффективному применению в реальном производстве.

Борис Израилевич оставил потомкам научную школу, десятки книг, сотни статей, более тысячи патентов в области сварки и спецэлектрометаллургии. Несомненно, его блестящие предвидения и идеи найдут достойное воплощение и дальнейшее развитие в научных трудах и делах его многочисленных учеников и последователей. ● **# 657**

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) 495 2616. На Ваши вопросы ответит кандидат технических наук, Международный инженер-сварщик (IWE) Юрий Владимирович ДЕМЧЕНКО.

Как выполнить расчет планового расхода сварочных материалов при механизированной сварке в смеси газов?

А. Х. Рогачевский *(Полтава)*

Плановый расход — это норма расхода материалов на изготовление единицы продукции установленного качества в планируемых условиях производства. Характеризуют расход материалов поэлементные составляющие норм — нормативы. Плановые объемы технологических отходов и потерь на изделие определяют на каждом предприятии с учетом их особенностей.

Таблица 1. Основные типы сварных соединений, выполняемых дуговой сваркой в смеси газов по ГОСТ 14771

Условное обозначение соединения	*Формула для расчета площади поперечного сечения наплавленного металла шва*
С1	$F=Sb+0,75eg$
С2	$F=Sb+0,75\ (eg+e_1g_1)$
С3	$F=Sb+0,75eg$
С7	$F=Sb+0,5eg$
С8	$F=Sb+0,5(S-c)^2\ tg\alpha+0,75(eg+e_1g_1)$
С12	$F=Sb+0,5(S-c)^2\ tg\alpha+0,75(eg+e_1g_1)$
С15	$F=Sb+0,25(S-c)^2\ tg\alpha+1,5eg$
С17	$F=Sb+(S-c)^2\ tg\alpha+0,75(eg+e_1g_1)$
С21	$F=Sb+(S-c)^2\ tg\alpha+0,75(eg+e_1g_1)$
С25	$F=Sb+0,5(S-c)2tg\alpha+1,5eg$
У1	$F=Sb+0,75eg$
У4(1)	$F=Sb+0,5K^2+1,05K$
У4(2)	$F=Sb+0,5n^2+n(S-n)+0,75eg(e-n)$
У5(1)	$F=Sb+0,5n^2+n(S-n)+0,75(e-n)g+0,5K^2_1+1,05K_1$
У5(2)	$F=Sb+0,5n^2+1,05n+0,5K^2_1+1,05K_1$
У6	$F=Sb+0,5n(S-c)^2\ tg\alpha+0,75eg$
У7	$F=Sb+0,5n(S-c)^2\ tg\alpha+0,75eg+0,5K^2_1+1,05K_1$
У8	$F=Sb+0,25(S-c)^2\ tg\alpha+0,75(eg+e_1g_1)$
У9	$F=Sb+(S-c)^2\ tg\alpha+0,75eg$
У10	$F=Sb+(S-c)^2\ tg\alpha+0,75eg+0,5K^2_1+1,05K_1$
Т1	$F=0,5K^2+1,05K$
Т3	$F= K^2+2,1K$
Т6	$F=Sb+0,5(S-c)^2\ tg\alpha+0,75eg$
Т7	$F=Sb+0,5(S-c)^2\ tg\alpha+0,75eg+0,5K^2_1+1,05K_1$
Т8	$F=Sb+0,25n(S-c)^2\ tg\alpha+1,5eg$
Н1	$F=0,5K^2+1,05K$
Н2	$F=K^2+2,1K$

Определять нормы, исходя только из сложившейся практики, недопустимо. В нормах расхода материалов должен быть учтен эффект от внедрения мероприятий по экономии материалов за счет улучшения качества, совершенствования технологии и организации работ по сварке металлов. В составе нормы расхода материала следует учитывать полезный расход материала; технологические отходы, обусловленные установленной технологией производства; потери материалов.

В норму расхода материалов не включают отходы и потери, вызванные отступлениями от установленных технологических режимов, предусмотренного сортамента, требований стандартов и технических условий, а также вызванные расходом сырья и материалов, связанным с браком, испытанием образцов, ремонтом и наладкой оборудования.

Расчет расхода сварочной проволоки $H_п$ (кг/м шва) выполняют по формуле

$$H_п=Mk_pk_п, \qquad (1)$$

где M — масса наплавленного металла на 1 м шва; k_p — коэффициент расхода сварочной проволоки, учитывающий ее безвозвратные технологические потери и отходы; $k_п$ — коэффициент расхода сварочной проволоки, учитывающий пространственное положение сварного шва.

Величину M вычисляют по формуле

$$M=F\rho L\cdot 10^{-3}, \qquad (2)$$

где F — площадь поперечного сечения наплавленного металла сварного шва; ρ — плотность металла, принятая для сталей равной 7,85 г/см^3; L=100 см — длина свар-

Таблица 2. Коэффициент расхода сварочной проволоки

Диаметр проволоки, мм	*Сила сварочного тока, А*	*Коэффициент расхода сварочной проволоки k_p*
1,0	90–100	1,04
	110–130	1,03
1,2	150–180	1,04
	180–220	1,03
	220–250	1,02
1,4	260–320	1,03
1,6	320–380	1,03
2,0	350–450	1,03

Таблица 3. Удельный расход защитной смеси $H_{уг}$

Диаметр проволоки, мм	*Сила сварочного тока, А*	*Расход смеси*	
		$м^3/с\cdot10^{-4}$	*л/мин*
1,0	90–160	1,83–2,0	11–12
1,2	150–180	2,33–2,50	14–15
	180–250	2,50–2,67	15–16
1,4	220–250	2,50–2,67	15–16
	250–320	2,67–2,83	16–17
1,6	320–350	3,0–3,33	18–20
	350–380	3,33–3,67	20–22
2,0	350–380	3,33–3,67	20–22
	420–450	3,67–4,0	22–24

ного шва. Величину F рассчитывают по номинальным размерам конструктивных элементов подготовленных кромок свариваемых деталей и шва сварного соединения по ГОСТ 14771. Основные типы сварных соединений и формулы для расчета площади поперечного сечения наплавленного металла шва приведены в *табл. 1*.

Величина k_p учитывает потери на угар и разбрызгивание, потери, связанные с удалением концов проволоки перед возбуждением дуги, остатков проволоки в шланге держателя полуавтомата, которые не могут быть использованы *(табл. 2)*.

Значения $k_п$ при сварке швов принимают равными: в нижнем положении — 1,0; полувертикальном (наклонном) — 1,05; вертикальном и горизонтальном — 1,1; потолочном — 1,2.

Пример расчета расхода сварочной проволоки при сварке сталей в смеси 80% Ar+20% CO_2. Исходные данные: условное обозначение сварного шва — Т1; катет шва — 5 мм; диаметр сварочной проволоки — 1,6 мм; сила сварочного тока — 320–350 А; пространственное положение шва — нижнее.

По данным о номинальных значениях конструктивных элементов шва сварного соединения Т1 по ГОСТ 14771 и формуле (см. табл. 1) определяем площадь поперечного сечения шва:

$$F=0{,}5K^2+1{,}05K=0{,}5\cdot5^2+1{,}05\cdot5=17{,}8\ мм^2.$$

Затем по формуле (2) рассчитываем массу наплавленного металла на 1 м шва:

$$M=F\rho L\cdot10^{-3}=17{,}8\cdot7{,}85\cdot100/1000=0{,}138\ кг.$$

Расход сварочной проволоки определяем по формуле (1):

$$H_п=Mk_pk_п=0{,}138\cdot1{,}03\cdot1{,}0=0{,}142\ кг.$$

Расход защитной смеси (80% Ar+20% CO_2) $H_г$ ($м^3$ или л) определяем по формуле

$$H_г=H_{уг}\,(T_о+T_{пз}), \qquad (3)$$

где $H_{уг}$ — удельный расход защитной смеси за единицу времени *(табл. 3)*, $м^3/с$ (л/мин); $T_о$ — основное время сварки 1 м шва, с (мин); $T_{пз}$ — время на подготовительно-заключительные операции, с (мин).

Величину $T_о$ рассчитаем по формуле

$$T_о=60\ /\ V_c, \qquad (4)$$

где V_c — средняя скорость сварки.

Величина $T_{пз}$ учитывает время на продувку горелки до сварки и места сварки по окончании процесса. Для мелкосерийного и серийного производства ее можно принять равной 12 с (0,2 мин), для крупносерийного и массового — 6 с (0,1 мин).

Пример расчета расхода защитной смеси 80% Ar+20% CO_2 при сварке проволокой ферритного класса марок Св–08Г2С, Св–10ГСМТ. При сварке проволокой аустенитного класса Св–08Х19Н10Т расход защитной смеси необходимо умножать на поправочный коэффициент, равный 0,85–0,90.

Исходные данные: условное обозначение сварного шва — Т1; катет шва — 5 мм; диаметр проволоки — 1,6 мм; сила сварочного тока — 320–350 А; средняя скорость сварки 34 м/ч; количество проходов — один; пространственное положение шва — нижнее; производство — серийное.

По формуле (4) определяем основное время сварки 1 м шва:

$$T_о=60/V_c=60/34=1{,}8\ мин.$$

Согласно данным табл. 3, удельный расход $H_{уг}$ в среднем равен 19 л/мин. Расход смеси рассчитываем по формуле (3):

$$H_г=H_{уг}(T_о+T_{пз})=19(1{,}8+0{,}2)=38\ л\approx0{,}07\ кг.$$

● **# 658**

Особенности тепловых процессов при микроплазменной и лазерной сварке

Н. М. Воропай, д-р техн. наук, **В. М. Илюшенко,** канд. техн. наук, **В. Ю. Хаскин,** канд. техн. наук, **В. А. Мишенков,** ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины

Особенности микроплазменной и лазерной сварки заключаются в повышенной концентрации энергии, вкладываемой в основной металл, и более высокой стабильности этих способов в сравнении с дуговыми. Эти способы позволяют получать качественные сварные соединения различных металлов и сплавов с узкими швами и минимальной шириной зоны термического влияния (ЗТВ).

При проектировании ответственных тонкостенных изделий и выборе оптимальных режимов их сварки необходимо располагать данными о температуре нагрева основного металла микроплазмой или лазерным излучением. Особое значение эти вопросы приобретают при изготовлении корпусов полупроводниковых приборов и микромодулей, где сварке предшествовали операции пайки узлов, имеющих на поверхности изоляцию, защитные покрытия и биметаллические вставки, нагрев которых свыше определенных температур недопустим. Во всех случаях наличие информации о распространении теплоты в основном металле при микроплазменной и лазерной сварке позволяет судить о правильности выбора режимов, структуре и свойствах металла шва и ЗТВ, а также о напряжениях и деформациях, возникающих в сварных металлоконструкциях.

Степень термического воздействия источника нагрева на свариваемый металл определяют обычно термические циклы и изотермы нагрева, т. е. характер изменения температуры в данной точке металла ЗТВ во времени. Вид термических циклов и изотерм нагрева зависит от многих факторов: способа сварки и параметров режимов, марки и толщины свариваемого металла, конструкции технологической оснастки и размеров свариваемых изделий. В настоящей статье приведены результаты исследований влияния способа сварки на распространение теплоты в ЗТВ.

В качестве источника нагрева при микроплазменной сварке использовали аппараты МПУ–4 и А–1281М, при лазерной — технологический CO_2-лазер ЛТ–104. Опыты выполняли на образцах из низколегированной стали 09Г2С, хромоникелевой стали Х18Н19Т, алюминия А5 и сплава АМг6, а также из меди М1 и латуни Л–90. Плазмообразующим газом при микроплазменной сварке во всех случаях служил аргон. Как защитный газ для микроплазменной сварки алюминия использовали гелий, для сталей, меди и ее сплавов — смесь аргона с 3% водорода. Лазерную сварку стали 09Г2С выполняли в углекислом газе. При лазерной сварке других металлов и сплавов в качестве защитного газа применяли аргон, подаваемый под углом 60–80° к оси излучения. Толщина свариваемого металла составляла 0,3; 0,5; 1,0 и 2,0 мм. Скорость сварки изменяли в диапазоне 10–90 м/ч. Сначала термические циклы при микроплазменной и аргонодуговой сварке металла толщиной 1,0 мм измеряли экспериментально с помощью осциллографа Н102. Экспериментальные данные сравнивали с расчетными термическими циклами, полученными по формулам Н. Н. Рыкалина для тонкой пластины с линейным источником нагрева. Затем расчетные термические циклы коррелировали с экспериментальными данными для соответствующих условий сварки.

На *рис. 1* показаны термические циклы в точках ЗТВ, находящихся близ зоны сплав-

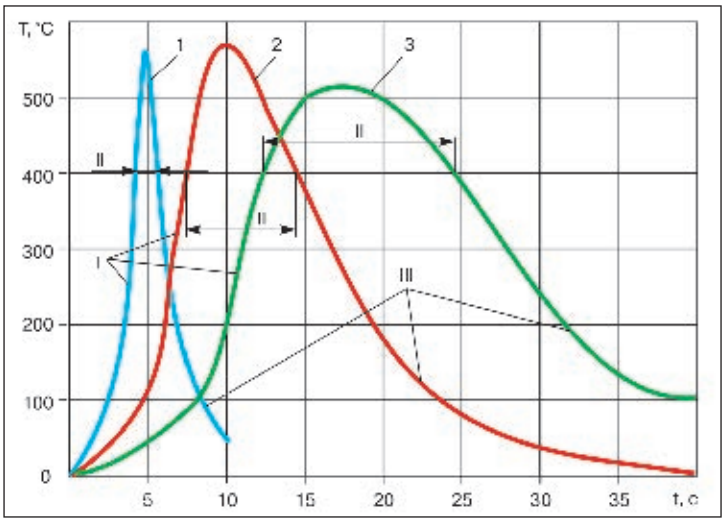


Рис. 1. Термические циклы при лазерной (1), микроплазменной (2) и аргонодуговой (3) сварке алюминия А5 толщиной 1,0 мм

Таблица. Режимы микроплазменной, аргонодуговой и лазерной сварки алюминия А5 толщиной 1,0 мм

Способ сварки	*Сила сварочного тока, А*	*Напряжение, В*	*Мощность, кВт*	*Скорость сварки, м/ч*
Микроплазменная	30	20	—	40
Аргонодуговая	50	12	—	30
Лазерная	—	—	1,0	60

ления металла шва с основным металлом при лазерной, микроплазменной и аргонодуговой сварке. Режимы сварки приведены в *таблице*. В начальный период нагрева (участок I) для всех способов сварки наблюдается быстрое нарастание температуры до максимального значения. Однако при лазерной сварке нагрев происходит намного быстрее, чем при микроплазменной и тем более при аргонодуговой. В течение среднего периода (участок II), когда максимальная температура удерживается некоторое время на достигнутом уровне, начинает уже резко проявляться влияние способа сварки. Время пребывания металла ЗТВ при температуре 400 °С в условиях микроплазменной (кривая *2*), аргонодуговой (кривая *3*) и лазерной (кривая *1*) сварки равно соответственно 6, 12 и 2 с. В конечном периоде (участок III), в течение которого металл остывает до средней температуры, для рассматриваемых способов сварки характерно более медленное изменение температуры, чем при нагреве. При аргонодуговой сварке металл остывает с меньшей скоростью, чем при лазерной и микроплазменной.

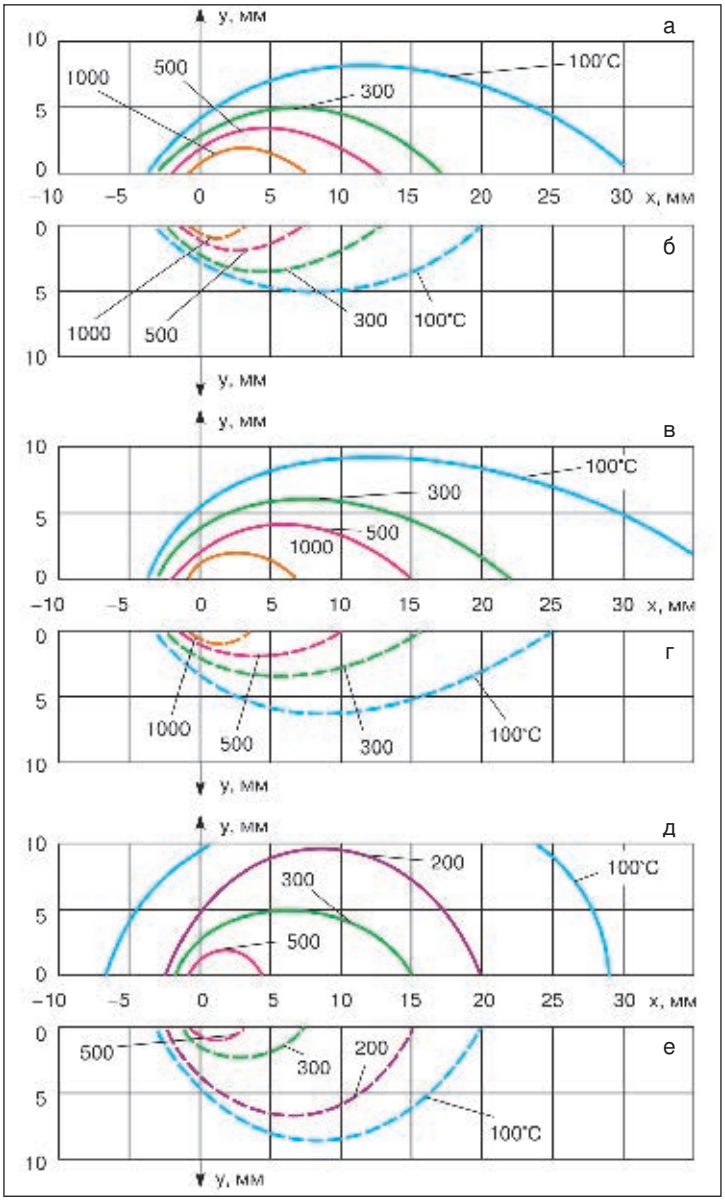


Рис. 2. Изотермы нагрева при микроплазменной (а, в, д) и лазерной (б, г, е) сварке низколегированной стали 09Г2С (а, б), хромоникелевой стали Х18Н10Т (в, г) и алюминия А5 (д, е) толщиной 0,5 мм

Изотермы нагрева низколегированной стали 09Г2С, хромоникелевой стали Х18Н10Т и алюминия А5 толщиной 0,5 мм получены при оптимальных режимах микроплазменной и лазерной сварки. Так как теплоемкости низколегированной и хромоникелевой сталей мало отличаются друг от друга, то основное влияние на характер распределения температуры оказывает теплопроводность. Распространение теплоты в обеих сталях характеризуется вытянутыми изотермами. Области, нагретые выше определенных температур (100–1000 °С), у хромоникелевой стали имеют большие размеры, чем у низколегированной. Отсюда следует, что для получения заданной зоны расплавления хромоникелевой стали требуются источники нагрева большей мощности, чем для получения зоны расплавления низколегированной стали. Длина изотерм с температурой 100, 300, 500 и 1000 °С при микроплазменной сварке низколегированной стали 09Г2С равна соответственно 30, 17, 13 и 7 мм, а для стали Х18Н10Т — соответственно 40, 22, 15 и 8 мм. Длина изотерм с такими же температурами при лазерной сварке на 30–50% короче изотерм обеих сталей *(рис. 2, а–г)*.

Заметно отличаются от указанных данных изотермы нагрева при микроплазменной и лазерной сварке алюминия А5 *(рис. 2, д, е)*. Здесь, как и для сплава АМг–6, изотермы имеют форму, приближающуюся к окружности соответствующего диаметра с центром, расположенным по оси электрода.

Каждой толщине свариваемого металла соответствует оптимальное значение мощности источника нагрева и скорости сварки. С увеличением толщины металла скорость

сварки уменьшается. Регулирование тепловложения в зависимости от толщины металла приводит к изменению термического цикла и изотерм нагрева металла. Изотермы нагрева при сварке алюминия А5 толщиной 0,3 мм уже и короче, чем при сварке металла больших толщин. Например, ширина зоны нагрева до температуры 300 °С при толщине металла 0,3 мм составляет 2,0 мм, а при 2,0 — 7 мм. Соответственно увеличивается и длина изотерм с 4 до 21 мм. При сварке алюминия толщиной 0,3 мм в начальный период нагрева происходит более заметное нарастание температур, чем при сварке металла толщиной 2,0 мм. Скорость остывания при сварке металла толщиной 0,3 мм намного выше, чем металла больших толщин. Высокой теплопроводностью алюминия объясняется меньшая сгущенность изотерм перед подвижным источником нагрева. С увеличением скорости сварки уменьшаются размеры областей, нагретых выше определенной температуры. При этом соответствующие изотермы сужаются во всех направлениях, в том числе впереди источника теплоты. При сварке со скоростью более 50 м/ч ширина зоны нагрева, начиная с температуры более 400 °С, не превышает 5 мм. При сварке со скоростью 20 м/ч она в три раза больше.

Медь еще более теплопроводна, чем алюминий. Для ее расплавления в условиях микроплазменной сварки необходимо использовать источник нагрева большей мощности. Качественных швов при лазерной сварке меди толщиной 0,5–1,0 мм не получено в связи с ее относительно высокими теплопроводностью и отражательной способностью поверхности. Равномерное проплавление меди достигнуто при предварительном покрытии поверхности металла изоляционным слоем.

При лазерной сварке латуни дополнительные затруднения связаны с выгоранием цинка и образованием белого налета ZnO. С целью уменьшения испарения цинка при лазерной сварке латуни необходимо более тщательно выбирать параметры режимов, обеспечивающих меньшую длительность нахождения металла ванны в жидком состоянии. При сварке алюминиевых бронз в металле шва образуются включения Al_2O_3. Чтобы избежать их, необходимо тщательно очищать свариваемые кромки непосредственно перед сваркой.

Таким образом, для тепловых процессов при микроплазменной и лазерной сварке металла толщиной 0,3–2,0 мм характерны следующие особенности:

- в начальный период термического цикла нагрев металла происходит быстрее, чем его охлаждение в конечный период;
- изотермы при лазерной сварке сталей, цветных металлов и сплавов на 30–50% короче и уже, чем при микроплазменной сварке;
- каждой толщине свариваемого металла соответствует оптимальное значение мощности источника нагрева и скорости сварки;
- изотермы нагрева сталей имеют вытянутую форму, а изотермы нагрева алюминия, меди и их сплавов приближаются к окружности соответствующего диаметра. ● **# 659**

Вниманию специалистов!

Eight International Conference On Electron Beam Technologies (EBT'2006)

5–10 июня 2006 г. (Варна, Болгария)

Конференция организована Институтом электроники Болгарской академии наук.

Тематика конференции:

- Физика интенсивных электронных пучков.
- Электронно-оптические системы и устройства для измерения и управления электронным пучком, электронно-лучевая сварка.
- Электронно-лучевая плавка и рафинирование, высокоскоростное нанесение покрытий.
- Модификация поверхности.
- Термическая обработка и получение тонких пленок электронными пучками.
- Электронная литография.
- Электронно-лучевое отверждение полимеров и композитов.
- Ионная литография, ионная имплантация.
- Моделирование физических процессов при взаимодействии пучков заряженных частиц с веществом.
- Применение пучков заряженных частиц в медицине и промышленности.
- Конструирование и автоматизация электронно-лучевого оборудования.

Дополнительную информацию можно получить на сайте http://www.ie-bas.dir.bg/ebt2006; e-mail: ebt2006@ie.bas.bg

По вопросам участия в конференции обращаться: профессор Georgy Mladenov, Институт электроники БАН, 72, Tsarigradsko shose 1784 Sofia, Bulgaria. Тел.: (3592) 750757; (3592) 7144377; (3592) 9366575. Факс: (3592) 9753201; (3592) 9366836. E-mail: mladenov@ie.bas.bg.

Регулирование тепловложения при дуговой сварке сталей

Г. И. Лащенко, канд. техн. наук, Центр технологий сварочного производства (Киев)

Способы дуговой сварки базируются на локальном действии источника нагрева на сталь в зоне сварного соединения. Поэтому сварка всегда вызывает изменения структуры стали на определенном участке. Происходит это под влиянием термического цикла, режима сварки, толщины свариваемого металла, типа сварного соединения и др.

У большинства конструкционных сталей фазовые превращения происходят в интервале температур 800–500 °С. Поэтому для характеристики процесса охлаждения часто используют время охлаждения именно в этом диапазоне. При ручной дуговой сварке покрытыми электродами оно составляет 1–10 с, при сварке в защитных газах — 2–50 с, а под флюсом — 10–100 с.

Термический цикл влияет на общую ширину зоны термического влияния (ЗТВ), отдельных ее структурных составляющих и в целом определяет механические свойства сварных соединений.

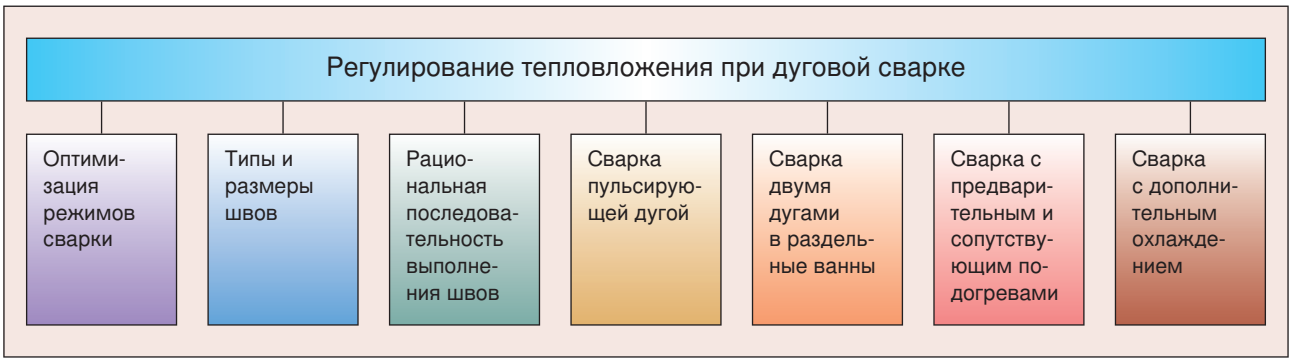
Деформационный цикл сварки является следствием воздействия термического цикла, под влиянием которого возникают остаточные напряжения и деформации. Деформационный цикл заметно влияет на свойства отдельных зон сварного соединения. Поэтому при сварке многих марок сталей возникает необходимость регулирования тепловложения в свариваемое изделие. Основные способы регулирования тепловложения в свариваемое изделие при дуговой сварке приведены на *рисунке*.

Оптимизация режимов сварки. Температура, необходимая для выполнения сварки, зависит от способа сварки и погонной энергии Е. Увеличение или уменьшение погонной энергии сварки приводит к изменению скорости охлаждения металла шва и ЗТВ, что в конечном счете вызывает изменения механических свойств, а в некоторых случаях существенно повышает опасность образования трещин. Кроме температуры, на скорость охлаждения могут влиять толщина свариваемых листов, начальная температура основного металла и характер охлаждения швов.

Реакция той или иной стали на термический цикл сварки зависит прежде всего от ее химического состава. Одним из критериев, указывающих на возможность охрупчивания из-за структурных превращений, является твердость ЗТВ. У большинства конструкционных сталей значение твердости до 350 HV свидетельствует о том, что образования твердых структурных составляющих при распаде аустенита не произошло. При твердости ЗТВ выше 350–400 HV в ее структуре присутствует смесь твердых продуктов распада аустенита, которые склонны к образованию холодных трещин.

Погонная энергия также влияет на ударную вязкость ЗТВ и механические свойства сварных швов. Установлено, что с ее увеличением ударная вязкость металла ЗТВ растет, достигая максимального значения, а затем, при дальнейшем повышении Е, падает. Значение погонной энергии, при котором металл ЗТВ обладает максимальной вязкостью, для различных сталей неодинакова и зависит от химического состава стали, ее термической и предшествующей механической обработки.

Рисунок. Способы регулирования тепловложения в свариваемое изделие при дуговой сварке



Механические свойства металла швов, выполненных проходами крупного сечения, ниже свойств металла швов, выполненных проходами малого сечения. С учетом изложенного необходимо соблюдать определенные ограничения погонной энергии или поперечного сечения отдельных проходов. Если возможности оптимизации режима сварки ограничены или исчерпаны, а желаемый уровень тепловложения не обеспечивается, то прибегают к другим приемам и способам, позволяющим его регулировать.

Типы и размеры швов. Различают стыковые швы, соединяющие элементы в стыковом соединении, и угловые — при сварке угловых, тавровых и нахлесточных соединений. Уменьшения тепловложения достигают за счет применения угловых прерывистых швов, с расположением отрезков прерываемого шва друг против друга или в шахматном порядке. В нахлесточных соединениях с той же целью применяют соединение элементов отдельными точками (электрозаклепками) по предварительно выполненным отверстиям в одном из элементов или без них.

Указанные приемы используют с целью уменьшения деформаций и повышения производительности сварки. В общем случае при разработке технологического процесса сборки и сварки следует стремиться к максимально возможному уменьшению сечения швов. При этом необходимо помнить, что угловые швы более склонны к образованию горячих трещин, чем стыковые.

Рациональная последовательность выполнения швов. При автоматической сварке однослойные швы выполняют «напроход» — от начала до конца соединения. Ручную или механизированную сварку с целью уменьшения остаточных напряжений и деформаций выполняют от середины к концам либо используют обратно-ступенчатый метод.

Порядок выполнения швов также следует отнести к методам регулирования тепловложения, которые используют для уменьшения остаточных деформаций. При сварке двутавровой балки в первую очередь сваривают стыковые швы стенки и поясов, а затем уже приваривают пояса к стенке угловыми швами. Если сварная двутавровая балка имеет ребра жесткости, то их приваривают к стенке до приварки стенки к поясам.

При выполнении многослойных швов ручной и механизированной сваркой с целью регулирования тепловложения широко используют известные приемы сварки: каскадный, блочный, горкой и др.

Для сварки низколегированных сталей толщиной 40–300 мм с $\sigma_в \leq 700$ МПа предложена технология ручной и механизированной сварки поперечной горкой (А. с. СССР № 202383, № 375316). Применение этой технологии позволило исключить подогрев при сварке ряда марок сталей, а для стали 14ГНМА также общую или местную термообработку после сварки.

Для управления кристаллизацией металла шва и термодеформационным циклом при автоматической дуговой сварке предложен способ сварки с дискретным формированием швов (А. с. СССР № 1818180). Согласно этому способу сварной шов формируют по длине или по длине и высоте из отдельных взаимно перекрывающих друг друга элементарных объемов металла. Очередной участок шва выполняют после кристаллизации и частичного охлаждения предыдущего.

Сварку с дискретным формированием шва выполняют, используя газовую защиту или флюс. При этом продолжительность горения дуги составляет 0,5–5,0 с, а паузы между смежными периодами горения дуги — 0,5–10,0 с. Дискретное формирование швов позволяет измельчать структуру шва и ЗТВ, изменять характер роста кристаллитов, повышать стойкость швов к образованию горячих трещин, улучшать механические свойства сварных соединений.

Сварка пульсирующей дугой применяется при ручной дуговой сварке покрытыми электродами, механизированной сварке в защитных газах и под флюсом, она является разновидностью сварки модулированным током, когда частота импульсов тока составляет менее 25 Гц. Наибольшая частота пульсации мощности дуги, сравнимая с тепловой инерцией сварочной ванны, позволяет воздействовать на механизм кристаллизации металла шва, регулировать глубину провара и процесс формирования швов в нижнем, потолочном и вертикальном положениях.

Пульсацию электрических параметров дуги осуществляют путем включения в электрические цепи прерывателей: электронных, механических и других типов. При механизированных способах дуговой сварки пульсацию дуги можно получить, регулируя скорость подачи электродной проволоки.

Сварку пульсирующей дугой используют для решения различных технологических задач:

- повышения производительности сварки в положениях, отличных от нижнего;
- облегчения выполнения корня шва, особенно при сварке навесу с зазором;
- измельчения первичного зерна металла шва, снижения в нем количества неметаллических включений и улучшения механических свойств сварных соединений;
- снижения остаточных напряжений и деформаций сварных конструкций.

Сварка несколькими дугами в раздельные ванны (раздвинутыми дугами) отличается тем, что каждая дуга образует свою ванну и последующая дуга частично расплавляет уже закристаллизовавшийся слой, сваренный предыдущей дугой. Чаще всего применяют сварку двумя дугами под флюсом или в защитных газах.

К достоинствам способа сварки раздвинутыми дугами относят:

- наличие автоподогрева сварного соединения, осуществляемого первой дугой, что позволяет исключить при сварке ряда закаливающихся сталей предварительный подогрев;
- возможность регулирования в широких пределах термического цикла сварки за счет изменения расстояния между дугами и погонной энергии каждой дуги;
- снижение скорости остывания металла шва и ЗТВ, а также повышение пластических характеристик сварного соединения;
- уменьшение количества диффузионного водорода в металле шва по сравнению с количеством водорода в шве при однодуговой сварке;
- уменьшение опасности образования холодных трещин и замедленного разрушения в ЗТВ;
- повышение стойкости металла шва к образованию горячих трещин;
- повышение производительности процесса за счет увеличения количества наплавленного металла за единицу времени.

Сварка с предварительным и сопутствующим подогревами. Если оптимизацией параметров режима и другими приемами, приведенными выше, нельзя обеспечить оптимальные скорости охлаждения ЗТВ, то прибегают к предварительному подогреву. Это один из наиболее старых способов регулирования термодеформационных циклов при дуговой сварке. Обычно предварительный подогрев используют с целью предотвращения образования холодных трещин, так как он влияет на микроструктуру металла ЗТВ и металла сварного шва и способствует удалению водорода путем диффузии из сварного соединения. Предварительный подогрев понижает скорость охлаждения сварного соединения не только в интервале температур превращения (800–500 °С), но и при более низких температурах, что важно для диффузии водорода.

С целью активизации диффузии водорода прибегают и к сопутствующему подогреву. Для нелегированных конструкционных сталей температура сопутствующего подогрева составляет примерно 150 °С, а для низколегированных сталей — 180–300 °С.

Предварительный подогрев является эффективным средством снижения сварочных деформаций и напряжений. При сварке ряда марок сталей он может оказывать благоприятное влияние на структуру металла, предотвращая образование горячих трещин.

Температура предварительного подогрева зависит от класса, марки и толщины свариваемой стали. При сварке низкоуглеродистых конструкционных сталей с содержанием углерода до 0,25% предварительный подогрев до температуры 120–150 °С используют, выполняя угловые швы на толстолистовом металле и первый слой многослойного шва. Это позволяет предупредить образование горячих трещин. Среднеуглеродистые конструкционные стали, содержащие 0,26–0,45% углерода, часто сваривают с предварительным подогревом до температуры 250–300 °С. Широко используют подогрев до температуры 100–250 °С при сварке хромомолибденовых или никелевых сталей, применяемых в энергетическом машиностроении.

Сварка с дополнительным охлаждением. Одним из эффективных и простых средств борьбы с остаточными деформациями и перемещениями элементов сварных конструкций является дополнительное охлаждение свариваемых изделий. Известны способы уменьшения деформаций тонколистовых изделий подачей воды, обдувом газоводяной смесью, использования охлаждаемых подкладок и накладок в зажимных приспособлениях, теплоотводящих паст. Выбор того или иного способа охлаждения зависит от применяемого способа сварки, конструкции изделия, организации сварочных работ и производственных возможностей предприятия. ● **# 660**

Определение ресурса по деформациям стенки сварных сосудов

В. М. Долинский, канд. техн. наук, **В. И. Черемская,** ОАО «УкрНИИхиммаш» (Харьков)

Во многих случаях основной нагрузкой, действующей на сосуды, является внутреннее избыточное давление. В данной работе рассматриваются сварные сосуды, напряженное состояние которых определяется внутренним давлением.

Статическую прочность рассчитывали для всех элементов сосуда в безмоментной зоне (ГОСТ 14249–89), а также в местах концентрации напряжений. В расчетах предусматривали запасы, компенсирующие возможные технологические несовершенства, разброс характеристик материала и другие факторы.

В ряде ситуаций (заниженные механические характеристики материала, форсирование режимов эксплуатации, коррозионное изнашивание и другие повреждения стенок сосудов) возникает необходимость в более объективной оценке работоспособности конструкции. В этом случае может быть использован экспериментальный метод оценки несущей способности путем построения деформационно-силовой характеристики (ДНАОП 1.3.00–8.02–93). Метод состоит в постепенном повышении давления внутри сосуда с последующей разгрузкой и одновременной записи перемещений стенок сосуда. Датчики устанавливают в зонах конструкции, где на основании данных диагностического контроля и предварительных расчетов ожидаются максимальные деформации *(рис. 1* и *2)*. Синхронная запись параметров давление P-деформации Δ позволяет получить деформационно-силовые характеристики и оценить несущую способность исследуемого объекта *(рис. 3, 4)*.

Несущую способность определяет максимальное давление $P_э^{max}$, при котором материал сосуда в безмоментных зонах еще работает упруго. При большом давлении возникают остаточные пластические деформации. Очевидно, что в зонах концентрации напряжений локальные деформации могут превышать предельные упругие. Прочность сосуда в местах концентрации напряжений необходимо оценивать дополнительно.

В соответствии с методикой значение максимального давления выбирают таким, чтобы остаточные деформации в безмоментной зоне любого элемента конструкции не превышали 1% от диаметра сосуда, что соответствует однопроцентному пределу текучести материала и допускаемой точности изготовления сосудов.

С точки зрения обоснованности заключения о работоспособности оборудования, давление при испытаниях $P_э$ должно создавать нагружение, гарантирующее работоспособность объекта в рабочих условиях, т. е. запасы прочности при испытаниях не должны быть больше запасов прочности тех же конструкций в рабочих условиях. Указанное требование приводит к соотношению

$$P_э \geq [n_г]P([\sigma_{20}]/[\sigma_t])(S/(S-V\tau)), \qquad (1)$$

где $P_э$ — эквивалентное давление; $[n_г]$ — нормативный запас прочности при пробных испытаниях сосудов, $[n_г]=1{,}1$; P, t — расчетные значения соответственно давления и температуры стенки сосуда; $[\sigma_{20}]$, $[\sigma_t]$ — допускаемые напряжения соответственно при температуре испытаний и при расчетной температуре; S — толщина стенки, опреде-

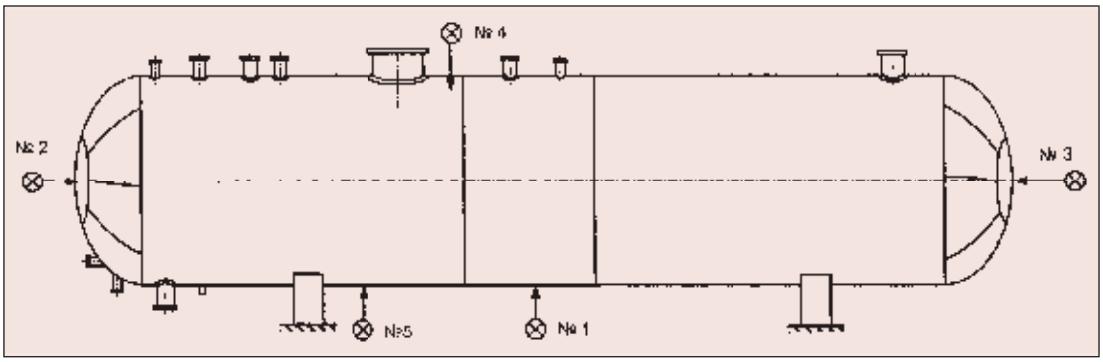


Рис. 1. Схема установки датчиков на емкости Е–9/1 для бутана

ленная на основании статистической обработки данных контроля; τ — назначенный ресурс; V — скорость коррозии.

Решая это соотношение относительно назначенного ресурса, получаем зависимость

$$\tau \leq (S/V)(1-([n_г]P/P_э)([\sigma_{20}]/[\sigma_t])), \quad (2)$$

позволяющую по заданным расчетным параметрам (давление и температура), механическим характеристикам, измеренным толщине, скорости коррозии и эквивалентному расчетному давлению определить назначенный ресурс.

При сопоставлении эквивалентного давления с нормативным пробным давлением $P_г$ при гидроиспытаниях

$$P_г=1{,}25\ P[\sigma_{20}]/[\sigma_t], \quad (3)$$

оказывается, что эквивалентное давление при небольших скоростях коррозии ($V \leq 0{,}1$ мм/год) и практически при любых толщинах стенок сосуда ($S \geq 4$ мм) не должно превышать значения нормативного пробного давления. Если толщина стенки сосуда больше 20 мм, то даже при скорости коррозии 0,5 мм/год эквивалентное давление не должно превышать значение нормативного пробного давления. А если толщина стенки сосуда $S \geq 10$ мм, то при скорости коррозии V=0,3 мм/год эквивалентное давление также не превосходит значения нормативного пробного давления.

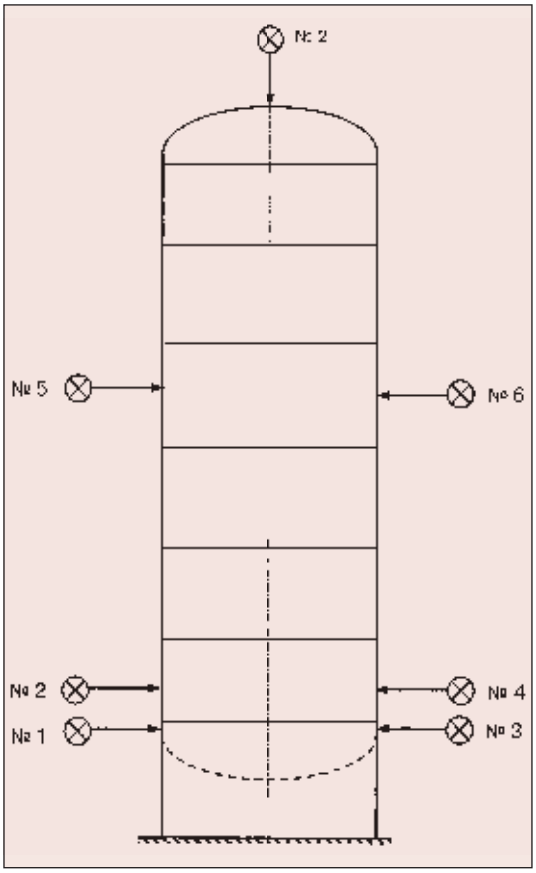


Рис. 2. Схема установки датчиков на реакторе Р–3

Пользуясь данными контроля при техническом диагностировании и зная нормативный ресурс, можно определить эквивалентное давление по формуле (1) и оценить назначенный ресурс по формуле (2).

Предложенную методику применили для определения несущей способности и оценки ресурса на десятках сосудов, установленных на заводах Украины и стран СНГ. Рассмотрим результаты некоторых выполненных работ.

Пример №1. Емкость Е–9/1 для бутана, эксплуатируемая в газовом хозяйстве ЗАО «Укртатнафта» с 1968 г., представляет собой горизонтальный сварной сосуд вместимостью 100 м^3, диаметром 3000 мм с минимальной толщиной стенки 10 мм. Емкость имеет два эллиптических днища, набранных из лепестков, и три царги обечайки, сваренные кольцевыми швами. Она подвергается внутреннему давлению газа P=0,8 МПа при температуре стенки 35 °С. Материал емкости — сталь 16ГС. Скорость коррозии металла V=0,123 мм/год. Нормативные значения допускаемых напряжений при нормальной и расчетной температурах: $[\sigma_{20}]$=163,5 МПа, $[\sigma_t]$=160 МПа. Нормативное значение предела текучести при расчетной температуре $R_{ен}^t$=240 МПа.

В соответствии с формулой (3) давление при гидроиспытании $P_г$=1,0 МПа.

Предел текучести материала царги № 3 при расчетной температуре R_e^t=203 МПа оказался меньше нормативного значения $R_{ен}^t$=240 МПа. Расчетное напряжение в царге № 3 σ=141 МПа. Условие прочности $\sigma < R_e^t / [n_т]$, где $[n_г]$=1,5 — нормативный коэффициент запаса прочности по пределу текучести, не выполняется (141>135 МПа), поэтому решено было оценить несущую способность емкости экспериментальным путем, установив датчики перемещений на царгу № 3 (контрольные датчики были установлены в различных зонах конструкции).

Назначенный ресурс в соответствии с ДСТУ 4046–2001 принят равным τ=4 года. Расчет по формуле (1) показал, что эквивалентное расчетное давление ($P_э$=0,95 МПа) практически совпало с давлением при гидроиспытании $P_г$=1,0 МПа. Результаты испытаний, приведенные на *рис. 3,* показали, что металл сосуда в безмоментной зоне, даже в наиболее напряженной зоне (датчик № 1), деформируется упруго в пределах

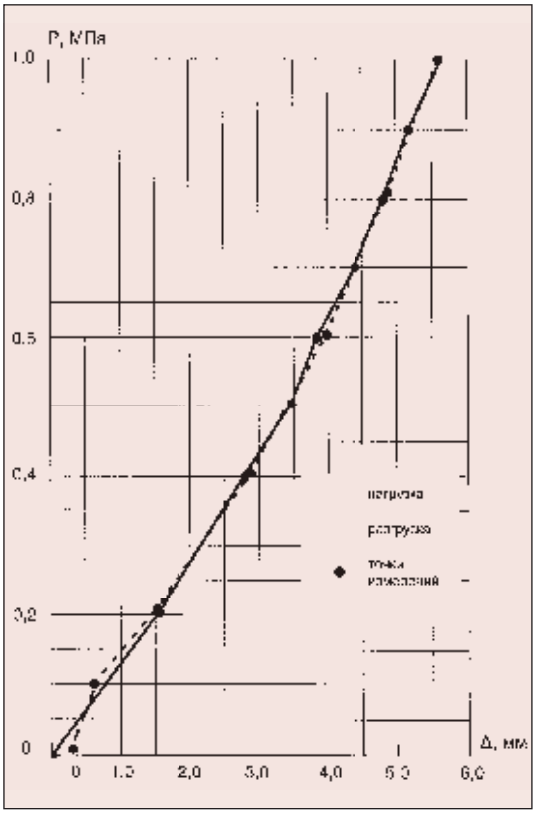


Рис. 3. Деформационно-силовая характеристика царги № 3 емкости Е–9/1

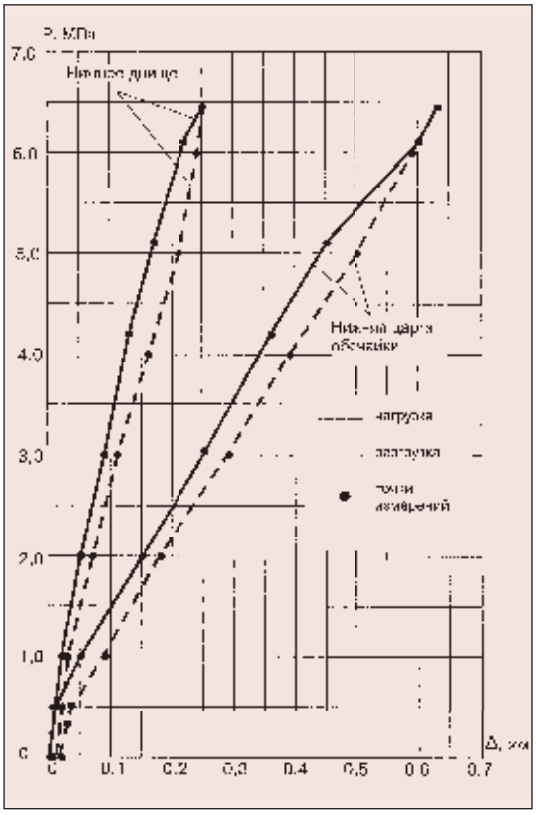


Рис. 4. Деформационно-силовая характеристика нижней царги обечайки и нижнего днища реактора Р–3

точности измерений. Поэтому сосуд был допущен к дальнейшей эксплуатации.

Пример №2. Реактор Р–3 установки производства бензина, эксплуатируемый в ЗАО «Укртатнафта» с 1972 г., представляет собой вертикальный сварной сосуд, установленный на юбочной опоре. Материал обечайки — сталь 20К, днищ — 16ГС. Внутреннее давление Р=5,0 МПа; расчетная температура 114 °С. Внутренний диаметр аппарата 1600 мм; высота 12,1 м; минимальная толщина стенки по результатам измерений: обечайки — 34,2 мм, днища — 38,5 мм. Скорость коррозии металла: обечайки — 0,127 мм/год; днищ — 0,103 мм/год. Нормативные напряжения при нормальной и расчетной температурах: для металла обечайки — $[\sigma_{20}]$=147 МПа, $[\sigma_t]$=141 МПа; для металла днищ — $[\sigma_{20}]$=183 МПа, $[\sigma_t]$=158 МПа.

Нормативные значения предела текучести материала при расчетной температуре: обечайки — $R_{eн}^t$=217 МПа; днищ — $R_{eн}^t$=179 МПа.

В соответствии с требованиями ДНАОП 0.00–1.07–94 давление при гидроиспытании $P_г$=6,5 МПа (формула (3)).

Пределы текучести материалов нижней царги обечайки и нижнего днища при расчетной температуре R_e^t оказались ниже нормативных значений $R_{eн}^t$: для обечайки R_e^t=154,5 МПа < $R_{eн}^t$=217 МПа; для днища R_e^t=162,5 МПа < $R_{eн}^t$=179 МПа. Расчетные напряжения в обечайке и днище равны соответственно σ=135 МПа и σ=118 МПа.

Условия прочности $\sigma < R_e^t / [n_г]$ для обечайки и днища не выполняются: для обечайки 135 >103 МПа; для днища 118 >108 МПа, поэтому было решено оценить несущую способность реактора экспериментальным путем, установив датчики перемещений на нижнюю царгу и нижнее днище.

Назначенный срок службы в соответствии с ДСТУ 4046–2001 принят равным 4 годам. Расчет по формуле (1) показал, что эквивалентные давления для обечайки и днища равны соответственно $P_э$=5,82 МПа и $P_э$=6,45 МПа, что ниже давления при гидроиспытании $P_г$=6,5 МПа. Результаты испытаний, приведенные на *рис. 4,* показали, что металл сосуда в наиболее напряженной безмоментной зоне работает упруго и сосуд может быть допущен к дальнейшей эксплуатации.

Таким образом, предложенная методика позволяет надежно оценить работоспособность сосуда в пределах назначенного ресурса. ● **# 661**

Свойства вакуумно-дуговых покрытий для защиты рабочих лопаток паровых турбин

В. Г. Маринин, Национальный научный центр «Харьковский физико-технический институт» (Харьков)

Известно, что при различных видах ремонтных работ, проводимых на паровых турбинах, значительная часть ресурсных затрат связана с ремонтом проточной части, в основном, рабочих лопаток последних и промежуточных ступеней низкого давления. В отличие от лопаток последних ступеней, подверженных преимущественно эрозионному разрушению, рабочие лопатки в зоне перехода от перегретого пара к влажному, работают в специфических условиях одновременного воздействия коррозионной среды и микроударов.

Последнее воздействие обусловлено как выпадением на поверхность металла различных примесей, содержащихся в паре, так и соударением с поверхностью лопатки капель влаги и макрочастиц. Коррозионное воздействие вызвано одним или несколькими активными соединениями из общего числа более чем 100 химических соединений, обнаруженных в различных количествах и сочетаниях в проточных частях обследованных турбин. Наибольшей коррозионной активностью обладает хлорид натрия, действие которого усиливается при наличии гидрооксида натрия, сульфатов натрия и некоторых кислот.

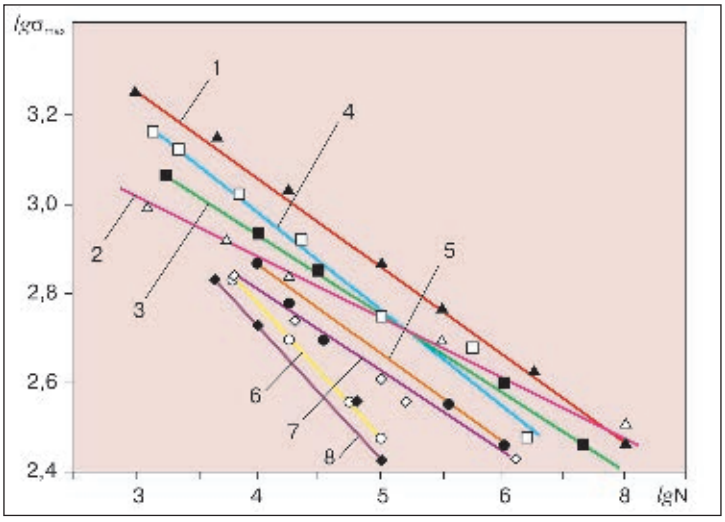


Рис. 1. Кривые усталости образцов из сталей 15Х11МФ (1–6) и 20Х13 (7, 8) при испытании на воздухе (1, 3, 5) и в коррозионной среде (2, 4, 6, 8). Частота 1 Гц (5–8) и 9 Гц, 22%-й водный раствор NaCl (2, 4) и раствор 11% NaCl + 11% Na_2SO_4 (6, 8)

Поэтому проведен цикл исследований по разработке защиты с помощью вакуумно-дуговых покрытий рабочих лопаток паровых турбин в зоне фазового перехода пара низкого давления от коррозионно-эрозионного изнашивания. Для определения защитных свойств покрытий исследованы их общая и питтинговая коррозия, коррозия под напряжением, коррозионная усталость, эрозия в условиях воздействия кавитации (микроударное нагружение), создаваемой в воде, в 3- и в 30%-х водных растворах NaCl, а также проведено сравнение с аналогичными свойствам сталей 20Х13 и 15Х11МФ.

Исследование общей и питтинговой коррозии проводили в следующих средах:

- №1 — 22%-й водный раствор NaCl, pH=5,2;
- №2 — 22% NaCl + 6,5% Na_2SO_4, pH=5,4;
- №3 — 22% NaCl + 2,5% Na_2SO_4 + + 1% CuCl + 1% $FeSO_4$, pH=4,1.

Величину общей коррозии определяли гравиметрическим методом. Точность взвешивания составила 0,015 мг. Полученные данные показывают, что сталь 15Х11МФ, титан ВТ1–0 и покрытия на его основе подвержены незначительной общей коррозии. Так, в растворе № 1 за время 8,64 мс при температуре 295 К у стальных образцов наблюдалась потеря массы, равная $6 \cdot 10^{-3}$ г, а у титановых ее прирост, равный $2{,}6 \cdot 10^{-3}$ г при полностью идентичных условиях испытаний и геометрических размерах образцов. Это могло бы свидетельствовать о коррозии стали на среднюю глубину, примерно $8 \cdot 10^{-9}$ м, и формировании защитных пленок на поверхности титана. Однако изучение поверхности образцов с помощью световой микроскопии показало, что в перечисленных растворах (№ 1–№ 3) сталь в отличие от титана подвергается питтинговой коррозии. В зависимости от продолжительности выдержки в коррозионно-активном растворе у стали возникает различное количество питтингов, которое растет с ростом времени:

Время воздействия коррозионной среды, мс	*Количество питтингов на 1 см² поверхности*
0,54	*0,7*
0,72	*2*
1,08	*5*
1,44	*11*
1,8	*13*

Возникшие на стали в результате коррозии питтинги в последующем объединяются в трещины различной длины. Эти трещины становятся концентраторами напряжений и приводят к снижению усталостной прочности материала.

Результаты исследований влияния среды на коррозионно-усталостную прочность сталей 20Х13, 15Х11МФ показаны на *рис. 1*. Испытания проведены при знакопеременном симметричном изгибе плоских образцов (70×5×1 мм) с частотой 1 и 9 Гц. Образцы закрепляли консольно и на 1/2 их длины погружали в коррозионную среду. Для сравнения проводили исследования на воздухе. Из рис. 1 видно, что при частоте нагружения 9 Гц на воздухе образцы из стали 15Х11МФ с концентраторами напряжений имеют число циклов до разрушения примерно в пять раз меньше по сравнению с образцами без концентраторов. В то же время в коррозионной среде (22%-й водный раствор NaCl) в области малоцикловой усталости образцы с концентраторами напряжений имеют в шесть раз больше циклов до разрушения по сравнению с образцами без концентраторов. Однако в области многоцикловой усталости ситуация изменяется на противоположную, образцы с концентраторами напряжений имеют в 4 раза меньшее число циклов до разрушения. Влияние коррозионной среды возрастает с уменьшением частоты нагружения. При частоте 1 Гц в коррозионной среде амплитуда нагружения, при которой происходит разрушение, примерно в 1,6 раза меньше по сравнению с амплитудой нагружений при испытании на воздухе как для стали 15Х11МФ, так и для стали 20Х13 (см. кривые *5–8*). Исследовано также влияние вакуумно-дуговых покрытий на коррозионно-усталостную прочность стали 15Х11МФ. Результаты измерений приведены на *рис. 2*. Видно, что титановые покрытия увеличивают усталостную прочность стали 15Х11МФ как на воздухе, так и в коррозионной среде.

Покрытия для исследований и практического использования наносили на установке типа «Булат» с катодом вакуумного дугового разряда из титана марки ВТ1–0.

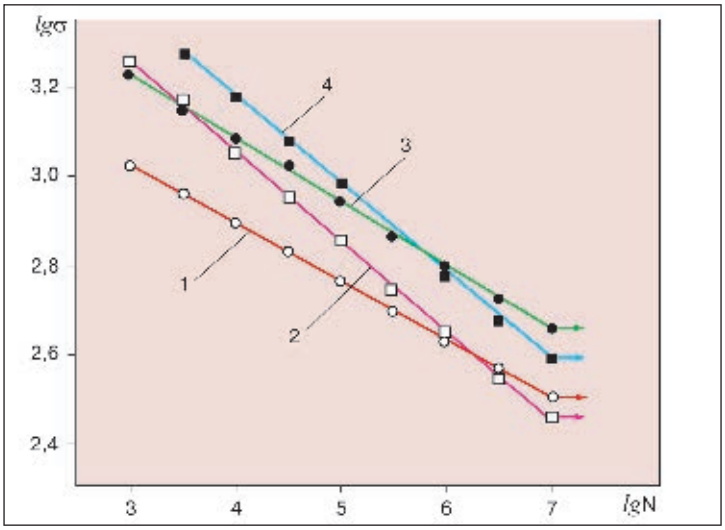


Рис. 2. Кривые усталости образцов из стали 15Х11МФ без покрытия (1, 2) и с титановым покрытием (3, 4) при испытании на воздухе (2, 4) и в среде 22%-го водного раствора NaCl (1, 3)

Сила тока дугового разряда в различных экспериментах составляла 65, 90, 135 А. Отрицательный потенциал на покрываемом образце изменяли от 0 до 250 В при осаждении покрытий в вакууме и поддерживали постоянным и равным 200 В при нанесении покрытий в среде реакционного газа азота.

Камеру откачивали паромасляным диффузионным насосом до давления остаточных газов $6 \cdot 10^{-4}$ Па. Давление реакционного газа, подаваемого через игольчатый натекатель, изменяли до граничных значений 2,6 Па. Титановые покрытия наносили при изменении температуры подложки от 300 до 1040 К, а покрытия из нитрида титана — при фиксированной температуре 770 К. Осаждение покрытий проводили на полированные поверхности образцов из стали 15Х11МФ и поверхности рабочих лопаток паровых турбин. Определены скорость нанесения покрытий, зависимость пористости от толщины. Установлено, что при осаждении покрытий в потоке эрозионной плазмы, перпендикулярном к поверхности образца, открытая пористость отсутствует при толщине покрытия 5–7 мкм в зависимости от параметров процесса осаждения. При этом скорость нанесения покрытий на образцы при их расположении вдоль нормали к поверхности катода определяют следующие аналитические соотношения:

$$V = \alpha V_0 \xi, \qquad (1)$$

где $\alpha = (1{,}641 - 0{,}58\gamma + 0{,}468\gamma^2) - (0{,}197 - 0{,}057\gamma - 0{,}038\gamma^2)\beta$, $V_0 = (56 + 113{,}2\gamma - 124{,}4\gamma^2) - (14{,}5 + 40{,}4\gamma - 44{,}8\gamma^2)\beta$, $\beta = 10^{-2} R$, $\gamma = 10^{-2} U$, $\xi = 0{,}154\, I_д$.

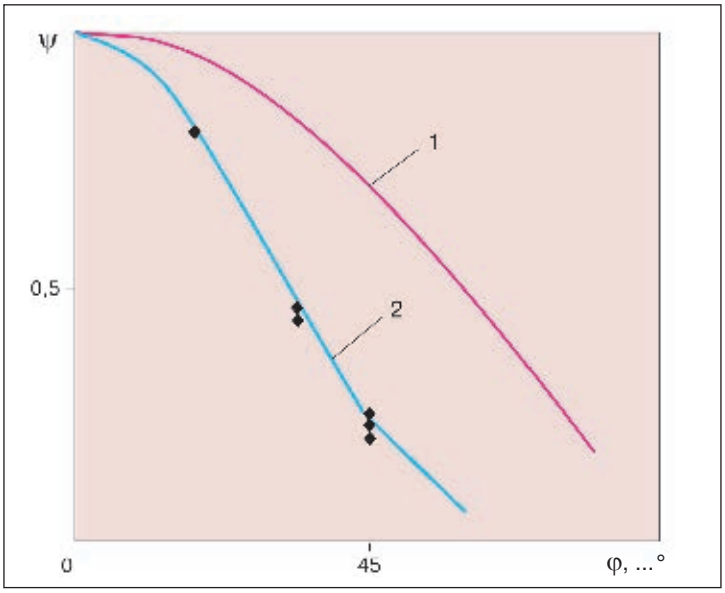


Рис. 3. Зависимость относительной скорости формирования покрытий Ψ от угла φ между нормалью к поверхности катода и направлением на элемент образца: 1 — cosφ; 2 — cos4φ

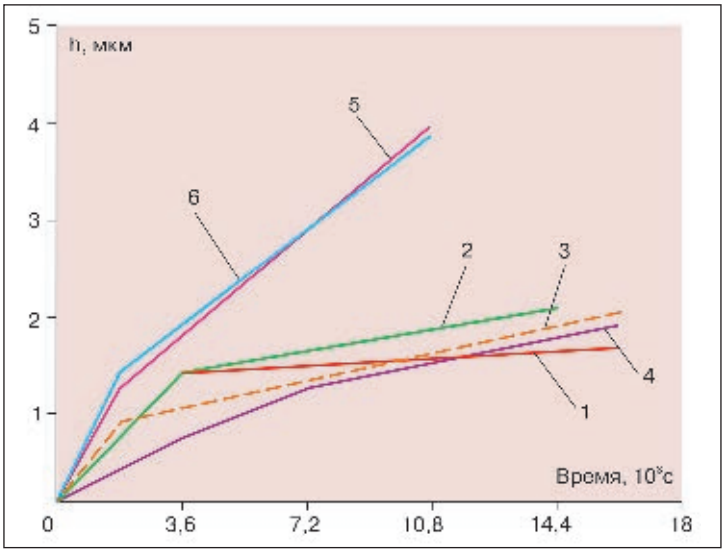


Рис. 4. Зависимость средней глубины разрушения покрытий Ti–N от времени воздействия кавитации в воде (1, 3, 5) и 3%-ном водном растворе NaCl (2, 4, 6). Покрытия получены при давлении азота 0,26 Па, силе тока дуги 100 А (1, 2), давлении 0,1 Па, силе тока дуги 100 А (3, 4), давлении 0,067 Па, силе тока дуги 200 А (5, 6)

Сила тока дуги $I_д$ измеряется в амперах, потенциал U в вольтах, расстояние R от поверхности катода до образца в миллиметрах.

В соответствии с соотношением (1) произведен расчет для следующих интервалов величин ξ, β и γ: ξ — (2,0769; 1,92857; 1,8; 1,6875; 1,5; 1,35; 1,227; 1,125), β — (0,85; 2; 2,5; 2,9; 3; 3,2), γ — (0; 0,25; 0,35; 0,5; 0,75; 1).

Проведенные расчеты и экспериментальные исследования показали, что для используемого источника эрозионной плазмы может быть достигнута скорость нанесения покрытий до 100 мкм/ч при осаждении в вакууме не менее 10^{-4} Па и до 20 мкм/ч при подаче реакционного газа. Зависимость относительной скорости нанесения покрытий от одного источника плазмы на участки лопатки, расположенные под различными углами относительно нормали, проведенной к плоскости катода, показана на *рис. 3*.

Видно, что имеет место зависимость, определяемая прямой пропорциональностью cos4φ. Это позволяет при расчетах толщины нанесения покрытий учитывать распределение материала только в интервале углов от от 0 до не более 50°, так как уже при углах порядка 60° толщина составляет 6% от максимальной. Исследования влияния температуры, при которой формируются покрытия (температура образца), показали, что с ростом температуры до 770 К микротвердость и кавитационная стойкость в воде, измеренные соответственно на приборе ПМТ–3 и установке, уменьшаются. При температуре подложки 770 К наблюдается увеличение микротвердости, кавитационной и коррозионной стойкостей. Зависимость коррозионных свойств имеет более сложный характер. Например, потенциал начала активного анодного растворения покрытий с увеличением температуры подложки до 500 К возрастает с 250 до 570 мВ, при дальнейшем повышении температуры до 570 К уменьшается до 300 мВ и достигает 500 мВ при температуре 670 К.

При воздействии на стали и титановые покрытия кавитации, созданной в коррозионной среде (3- и 30%-й водный раствор NaCl), установлено, что скорость разрушения покрытий практически не изменяется по сравнению со скоростью разрушения в воде, в то время как сталь 15Х11МФ разрушается в 1,5 раза быстрее. На покрытии из нитрида титана кавитация в коррозионной среде также оказывает незначительное влияние *(рис. 4)*.

На основании полученных данных с использованием экспериментального оборудования были выпущены опытные партии лопаток с защитными покрытиями. Они установлены в турбинах К–300–240 на Новочеркасской ТЭС (станционный № 1) и Змиевской ТЭС (станционный № 9). Лопатки имеют промышленную наработку более 100 тыс. календарных часов, что подтверждает работоспособность данных защитных покрытий и перспективность разработанного метода защиты. Изготовлены эскизный проект и конструкторская документация для ряда узлов установки. ● **# 662**

V МІЖНАРОДНИЙ ПРОМИСЛОВИЙ ФОРУМ – 2006

МІЖНАРОДНІ СПЕЦІАЛІЗОВАНІ ВИСТАВКИ ТА КОНФЕРЕНЦІЇ

МЕТАЛООБРОБКА
МЕТАЛООБРОБНІ ТЕХНОЛОГІЇ, ОБЛАДНАННЯ

БЕЗПЕКА ВИРОБНИЦТВА
ЗАСОБИ ЗАХИСТУ, БЕЗПЕКА РОБОЧОЇ ЗОНИ

УКРВТОР ТЕХ
КОМІСНА ТЕХНІКА, ОБЛАДНАННЯ

ГІДРАВЛІКА ПНЕВМАТИКА

ПІДЙОМНО-ТРАНСПОРТНЕ СКЛАДСЬКЕ ОБЛАДНАННЯ

УКРМАШ ТЕХ
ПРОМИСЛОВІ ТЕХНОЛОГІЇ, ОБЛАДНАННЯ

УКРЗВАРЮВАННЯ
ТЕХНОЛОГІЇ, ОБЛАДНАННЯ, МАТЕРІАЛИ

СУБКОНТРАКТИ
РОЗМІЩЕННЯ ЗАМОВЛЕНЬ ПО КООПЕРАЦІЇ

УКРПЛАСТ ТЕХ
ОБЛАДНАННЯ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА І ПЕРЕРОБКИ ПЛАСТМАС

ЗРАЗКИ, СТАНДАРТИ ЕТАЛОНИ, ПРИЛАДИ
КОНТРОЛЬНО ВИМІРЮВАЛЬНІ ПРИЛАДИ, ЛАБОРАТОРНЕ ТА ВИПРОБОВУВАЛЬНЕ ОБЛАДНАННЯ, МЕТРОЛОГІЯ, СЕРТИФІКАЦІЯ

Генеральні інформаційні спонсори:

ufi Approved Event

28 - 1
листопада грудня 2006 р.

ОРГАНІЗАТОРИ:
Міністерство промислової політики України
ЗАТ "Міжнародний виставковий центр"
Українська Національна Компанія "Укрверстатоінструмент"

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

МІЖНАРОДНИЙ ВИСТАВКОВИЙ ЦЕНТР
Україна, Київ, Броварський пр-т, 15
Ⓜ "Лівобережна"

Інформаційна підтримка:

Мишени для магнетронного распыления

А. А. Кайдалов, д-р техн. наук, НТК «ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины» (Киев)

Эксплуатационные характеристики деталей машин, механизмов и всего оборудования и конструкций в целом можно улучшить за счет модификации их рабочей поверхности обработкой высокоэнергетическими пучками (электронными, ионными, лазерными) и нанесением защитных и функциональных покрытий.

Одним из эффективных методов нанесения тонкопленочных (толщиной 0,1–100 мкм) покрытий на поверхность различных изделий является метод магнетронного распыления материалов. Распыление материала происходит за счет бомбардировки поверхности мишени ионами рабочего газа *(рисунок)*, как правило, аргона или смеси аргона с кислородом. Скорость распыления в магнетронной системе в 50–100 раз выше, чем скорость обычного ионно-плазменного распыления. При магнетронном распылении отсутствует капельная фаза.

Данный метод используют также для получения новых материалов сэндвич-типа (например, для изготовления холодных катодов на основе бериллия для гелий-неоновых лазеров).

Разработка и производство мишеней для магнетронного распыления является довольно развитой областью техники, так как сферы применения технологий магнетронного распыления весьма разнообразны *(табл. 1)*. Для осуществления многих технологий необходимы мишени из материалов, высокочистых как по химическим примесям, так и по содержанию растворенных газов *(табл. 2)*. Чистота материалов должна быть в пределах 99–99,9999% (по массе), а содержание кислорода и азота не должно превышать 100 ppm (0,01%). Кроме высокой чистоты, материал мишени должен иметь мелкозернистую структуру и в нем должны отсутствовать дефекты типа несплошностей (пористость, раковины, трещины). Именно это обеспечивает однородность напыления.

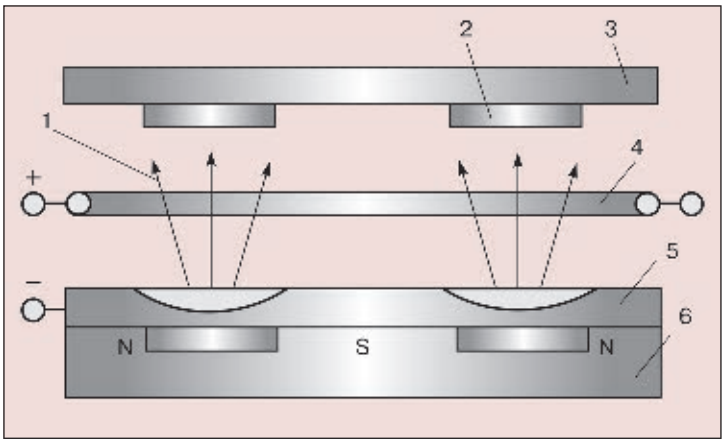


Рисунок. Схема движения напыляемых частиц в магнетронной распылительной системе: 1 — поток распыляемых частиц; 2 — подложка; 3 — подложкодержатель; 4 — анод; 5 — катод-мишень; 6 — магнитная система; N, S — соответственно северный и южный полюса магнитной системы

Мишени изготавливают литьем, спеканием или горячим прессованием (изостатическим в инертном газе или вакууме) порошковых материалов. Наилучшее качество имеют литые мишени, т. к. в них меньше содержание абсорбированных газов. Технология производства мишеней включает:

- электролиз или водородное восстановление;
- вакуумный дуговой переплав;
- электронно-лучевой переплав;
- деформацию и вакуумный отжиг;
- механическую обработку;
- финишное травление и упаковку.

Такая технология производства при использовании методов направленной кристаллизации после вакуумного литья в сочетании с точными методами контроля за химическим составом и ультразвуковой диагностикой материалов и соединений позволяет гарантировать заданную чистоту, мелкозернистую микроструктуру и бездефектность мишеней и, в конечном счете, гарантировать их высокое качество.

Допуски на линейные размеры планарных мишеней или на диаметр дисковых мишеней не должны превышать ±0,15 мм, а допуск на толщину мишеней — ±0,25 мм. Правильно выбранные допуски существенно понижают риск растрескивания мишени, образования микродуговых разрядов, а также преждевременной распайки мишени и подложки.

Мишени изготавливают не только из распространенных металлов (см. табл. 2), но также из скандия, сурьмы, висмута, серы, углерода (графита), из сплавов с особыми свойствами (высокочистых припоев, сплавов магнитных, резистивных, коммутационных, жаростойких, антифрикционных, термопарных, для просветления оптики:

Al–Si, Al–Si–Cu, Al–Cu, Ni–Cr, Co–Cr, Co–Ni, Cr(37%)–Ni(10%)–Si(53%), Fe–Tb, Fe–Tb–Co, Fe–Zr, In–Sn, Pb–Sn, Nb–Zr, Nb–W, Zr–Nb–Ti, Zr–Hf, Ta–W, V–Cr и др.), из материалов, синтезированных методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза, например Ti–Si–C, из материалов для сверхтвердых покрытий, например TiB_2+Ti_5Si_3+Si, из керамических материалов (Si–Ge, Si–C, Si–N, Al–N, Ti–N, Al–O, Zr–O и др.), из композиционных материалов, например, TiC+Ti_5SiC_2+SiC($TiSi_2$). Концентрацию каждого элемента в высококачественных мишенях необходимо выдерживать с относительной точностью не более ±1%.

Для осуществления технологий одновременного высокоскоростного магнетронного распыления нескольких материалов при создании новых конструкционных (в том числе и с нанокристаллической структурой) материалов в последнее время получает все большее развитие производство многокомпонентных мишеней мозаичного типа. Такие мишени более экономичны и технологичны: при использовании хрупких или дорогих компонентов из них изготавливают только отдельные вкладыши — мозаику. Применение многокомпонентных мишеней позволяет надежно осуществлять гомогенное перемешивание разных атомов и кластеров в требуемом соотношении в широком диапазоне их концентраций и с большим набором компонентов. Кроме того, распыление многокомпонентного материала происходит с одной мишени и при одних и тех же условиях. Следовательно, можно достаточно точно прогнозировать состав и свойства получаемых многокомпонентных пленочных покрытий и их воспроизводимость.

Широкое использование многокомпонентных мишеней экономически выгодно не только при нанесении покрытий, но и при проведении специальных металлофизических исследований, таких как:

- уточнение диаграмм состояния для анализа образования и существования метастабильных фаз, что важно при изучении явлений возникновения аномальных скачков некоторых свойств многокомпонентных материалов;
- моделирование образования по диаграммам состояния различного типа твердых растворов в условиях гомогенного перемешивания, когда на этот процесс практически не влияет гравитация, природа материала и др., и изучение свойств и структуры «идеализированного состояния»;
- моделирование поведения конструкционных и делящихся материалов при критическом и закритическом насыщении их различными элементами, например, углеродом, бором, кремнием, свинцом, висмутом и др.
- моделирование метастабильного состояния материала (аморфизация структуры, образование метастабильных фаз, введение нерастворимых компонентов и др.) и изучение его поведения в различных средах;

Таблица 1. Области применения магнетронного распыления

Материал мишени	*Область применения*
Алюминий	Покрытия на стекло, пластмассы, рулонные материалы; производство зеркал; селективные поглощающие покрытия; электроника нового поколения
Ванадий	Резисторы в интегральных схемах
Вольфрам	Контакты в интегральных схемах; металлизация, диффузионные барьеры
Гадолиний	Покрытия на носители информации
Гафний	Диэлектрик в интегральных схемах, покрытие архитектурного стекла
Германий	Оптические инфракрасные фильтры
Железо	Покрытия на носители информации
Иттрий	Сверхпроводящие соединения в интегральных схемах
Индий	Полупроводниковая техника
Кобальт	Слои в диодах Шоттки
Кремний	Затворы и пассивация интегральных схем, фильтры, антиотражающие и полупрозрачные покрытия на стекло, покрытия на дисплеи, гибкие пленки
Медь	Покрытия на стекло, пластмассы, рулонные материалы
Молибден	Контакты в интегральных схемах; барьеры, соединения; покрытия на дисплеи; оптика
Никель	Металлизация интегральных схем, полупроводниковых приборов, текстолитовых листов
Ниобий	Проводящие слои в интегральных схемах
Тантал	Конденсаторы в интегральных схемах; покрытия на дисплеи, стекло, гибкие пленки; резистивные слои в активных микросхемах терморезисторов
Тербий	Покрытия на носители информации
Титан	Контакты в интегральных схемах; барьеры, соединения, покрытия на дисплеи; адгезионные слои, вакуумные геттеры, селективные поглощающие покрытия, защитные покрытия архитектурного стекла; антикоррозийные покрытия; износостойкие покрытия режущего инструмента; покрытия на пластмассы и рулонные материалы; производство зеркал
Хром	Металлизация обратной стороны интегральных схем; базовое покрытие носителей информации типа CD и DVD, тонкие защитные пленки на жесткие диски магнитной памяти; широкополосные фильтры; адгезионные слои; прочные покрытия на дисплеи, архитектурное стекло; хромирование деталей автомобилей
Цинк	Токопроводящие прозрачные пленки
Цирконий	Интерференционные фильтры, износостойкие покрытия на стекло и режущий инструмент, декоративные покрытия

- создание псевдосплавов из элементов с абсолютной нерастворимостью и аномально изменяющимися свойствами;
- создание новых типов композиционных материалов с нанокристалической структурой на основе металл—углерод, металл—бор, металл—кремний, металл—сера и их соединений с азотом, кислородом, обладающих комплексом уникальных свойств (супертвердостью, высокой жаростойкостью, коррозионной стойкостью, низким коэффициентом трения и др.);
- создание композитов на основе металл—углерод, металл—бор и их соединений с азотом и кислородом;
- создание различного рода специальных защитных и функциональных покрытий, работающих в экстремальных условиях и соответствующих современным требованиям надежной эксплуатации.

Ниже дана краткая характеристика ряда однокомпонентных мишеней из наиболее применяемых в настоящее время материалов.

Таблица 2. Характеристика некоторых материалов, используемых для производства высококачественных мишеней

Материал	*Чистота материала (по массе)*		*Марка*	*ТУ, ГОСТ*
Тантал	3N5	99,95%	ТВЧ	ТУ 95–209–78
	4N	99,99%	ТВЧ–00	—
Ниобий	3N8	99,98%	НБ–1	ГОСТ 16099–80
	4N5	99,995%	НБР	—
Молибден	3N	99,9%	МЧВП	—
Ванадий	2N	99%	ВнМ–1	ТУ 48–4–272–73 с изменениями
	3N	99,9%	ВнМ–0	
Титан	2N8	99,8%	ВТ–1–0	ГОСТ 19807–91
	4N1	99,991%	ТПЧ–2	ТУ 48–0572–4248/0–91
Никель	3N5	99,95%	Н1у	ГОСТ 849–97
	4N	99,99%	Н0	ГОСТ 849–97
NiV(7%)	база Ni	база Ni	НВ7	—
Кобальт	3N5	99,95%	К0	ГОСТ 123–98
Индий	4N	99,99%	Ин0	—
Алюминий	4N5	99,995%	—	—
	5N	99,999%		
	6N	99,9999%		
	7N	99,99999%		
Вольфрам	3N	99,9%	—	—
Цинк	3N5	99,95%	—	—
	4N8	99,998%		
Цирконий	3N	99,9%	—	—

Примечание. N — девятка (от английского слова nine — девять), цифра перед N означает количество девяток, причем первые две девятки обозначают целое число процентов (т. е. 99%), а остальные девятки стоят после запятой, цифра после N означает цифру, стоящую после девяток; таким образом, 3N5 (три девятки, пять)=99,95%.

Мишени из германия производят из специально выращенного низкоомного (легированного сурьмой) или оптического германия. Чистота германия 5N, 6N. Удельное сопротивление 0,01–40 Ом·см.

Форма мишеней — прямоугольная, тороидальная, пластина, диск, а также сложная со стыковыми соединениями под любым углом наклона. Мишени могут иметь многослойные полифункциональные покрытия, обеспечивающие высокую электропроводность и теплоотвод. Производят также напайку мишеней на водоохлаждаемое основание.

Мишени из железа имеют, как правило, чистоту 4N. Содержание примесей в железе чистотой 4N, ppm:

Ag	Al	Ca	Co	Cr	Cu	Mg	Mn	Ni	Si
<3	<3	<10	<10	50	3	<5	<5	20	10

Форма мишеней — прямоугольная, тороидальная, пластина, диск, а также сложная со стыковыми соединениями под любым углом наклона. Мишени могут иметь многослойные полифункциональные покрытия.

Мишени из кремния производят из специально выращенного кремния с низким сопротивлением, чтобы гарантировать равномерное распределение удельного сопротивления по всему объему мишени. Чистота кремния 5N, 6N. Удельное сопротивление 0,002–0,015 Ом·см. Форма мишеней — прямоугольная, тороидальная, пластина, диск, а также сложная со стыковыми соединениями под любым углом наклона. На неизлучающую поверхность мишеней могут быть нанесены металлические покрытия для обеспечения напайки на подложку.

Созданы *мишени из сплавов на основе кремния,* содержащих 3–10% алюминия. Чистота материала не менее 99,0%–99,99%, удельное сопротивление 0,001–0,004 Ом·см. Распределение кремний-алюминиевой эвтектики равномерное. Обычно кремниевые мишени сделаны из нескольких поликристаллических пластин, припаянных к основанию и зафиксированных на катоде. Несмотря на то, что такую технологию давно применяют, проблемы хрупкости, предрасположенности к растрескиванию материала мишени, малых скоростей распыления так и не решены. Основным преимуществом мишеней из сплава кремний-алюминий является возможность применять магнетроны постоянного тока и выдерживать термические напряжения. Это позволяет использовать высокие мощности при распылении и даже отказаться от напайки пластин на водо-

охлаждаемое основание. Кремний-алюминиевые мишени для магнетронного распыления являются высокотехнологичными и более экономически выгодными по сравнению со стандартными мишенями. Преимущество становится особенно очевидным при массовом производстве архитектурного стекла, автомобильных покрытий, дисплеев.

Мишени из молибдена производят как стандартной (3N), так и требуемой чистоты. Мишени изготавливают обычно в форме пластин максимальной длиной до 1000 мм. При этом поверхности пластины должны иметь непараллельность не более 0,1 мм на 100 мм ее длины, а шероховатость поверхности должна быть в диапазоне 2–10 мкм. Мишени могут быть изготовлены также в виде диска или кольца и иметь многослойные полифункциональные покрытия. Производят также напайку мишеней на водоохлаждаемое основание.

Мишени из ниобия имеют такие же геометрические характеристики, как и мишени из молибдена. Форма мишеней — прямоугольная, тороидальная, пластина, диск, а также сложная со стыковыми соединениями под любым углом наклона. Размер зерна — в среднем 120 мкм. Мишени могут иметь многослойные полифункциональные покрытия. Производят также напайку мишеней на водоохлаждаемое основание.

Мишени из титана используют, как правило, чистотой 99,0–99,9%; они имеют различную конфигурацию с максимальным размером до 2000 мм. Наряду с традиционным использованием титановых мишеней как исходного сырья для получения пленок нитрида титана в последнее время титан успешно применяют как материал для получения оксида титана в оптических слоях при создании электронно-лучевых трубок, архитектурного стекла с теплозащитными свойствами, автомобильных стекол и зеркал.

Мишени из хрома. Хром рафинируют электролитическим методом до чистоты 4N2 с низким содержанием газовых примесей. Геометрические характеристики мишеней подобны молибденовым. Форма мишеней — пластина, диск, кольцо и т. д. Мишени могут иметь многослойные полифункциональные покрытия. Возможна напайка мишеней на водоохлаждаемое основание.

Мишени из цинка производят с высокой однородностью зерна по объему. Чистота цинка при этом должна быть не ниже 4N8. Форма мишеней — прямоугольная, тороидальная, пластина, диск, а также сложная со стыковыми соединениями под любым углом наклона. Основное применение цинковых мишеней – получение энергосберегающих покрытий на архитектурном стекле.

Рассмотрим в качестве примера *тонировку архитектурного листового стекла*. При напылении стекла титаном, нержавеющей сталью, бронзой и другими металлами получают равномерный слой с любой заданной степенью тонировки или непрозрачности зеркального покрытия. Оксиды металлов (титана, олова, циркония и др.) наносят для отражения света и инфракрасного электромагнитного излучения с сохранением прозрачности на просвет в пределах от 80 до 90%. При этом покрытие имеет степень зеркальности от 40 до 80%. Заданные цветовые оттенки могут быть следующие: лимонный, желтый, золотистый, голубой, зеленый. Возможно получение сочетаний цветов, а также создание декоративных эффектов. Покрытия оксидами прочнее, чем покрытие металлами, они наиболее устойчивы к внешним воздействиям.

Архитектурное стекло имеет большую напыляемую поверхность, поэтому для обеспечения однородности и заданных свойств покрытия распыляемые мишени должны иметь наиболее высокую чистоту, мелкую зернистость, абсолютную сплошность, высокую точность концентрации химических элементов, равномерное их распределение по объему и однородную плотность материала.

К браку покрытия приводят микродуги, которые возникают при пробое окисной пленки на поверхности мишени. Даже при распылении чистых металлов эта пленка образуется при каждом открывании вакуумной камеры. При возникновении микродуг происходит «отстрел» частиц с мишени, которые, попадая на стекло, образуют точки. Частоту возникновения и мощность микродуг определяют, в первую очередь, чистота поверхности мишени (наличие или отсутствие окислов и старой пленки), а также характеристики блока питания. Чем мощнее питание, тем выше вероятность возникновения микродуг и больше их мощность. Соответственно растет количество и размер точек. Поэтому как поверхность стекла до напыления и поверхность мишени должны быть очищены от окисных пленок (например, с помощью ионного травления, которое можно выполнять одновременно с напылением). Кроме того, следует применять импульсное питание магнетронов. ● **# 663**

Энергосберегающее сварочное оборудование. Универсальный сварочный конвертор низкого напряжения КСУ–320

КСУ–320 применяют для ручной дуговой сварки покрытыми электродами, а также для полуавтоматической сварки электродной проволокой от многопостовых сварочных источников питания типа ВДМ без использования балластных реостатов, вне закрытых помещений, где по условиям безопасности затруднено использование сварочных источников, питающихся от промышленной сети.

Основные преимущества:

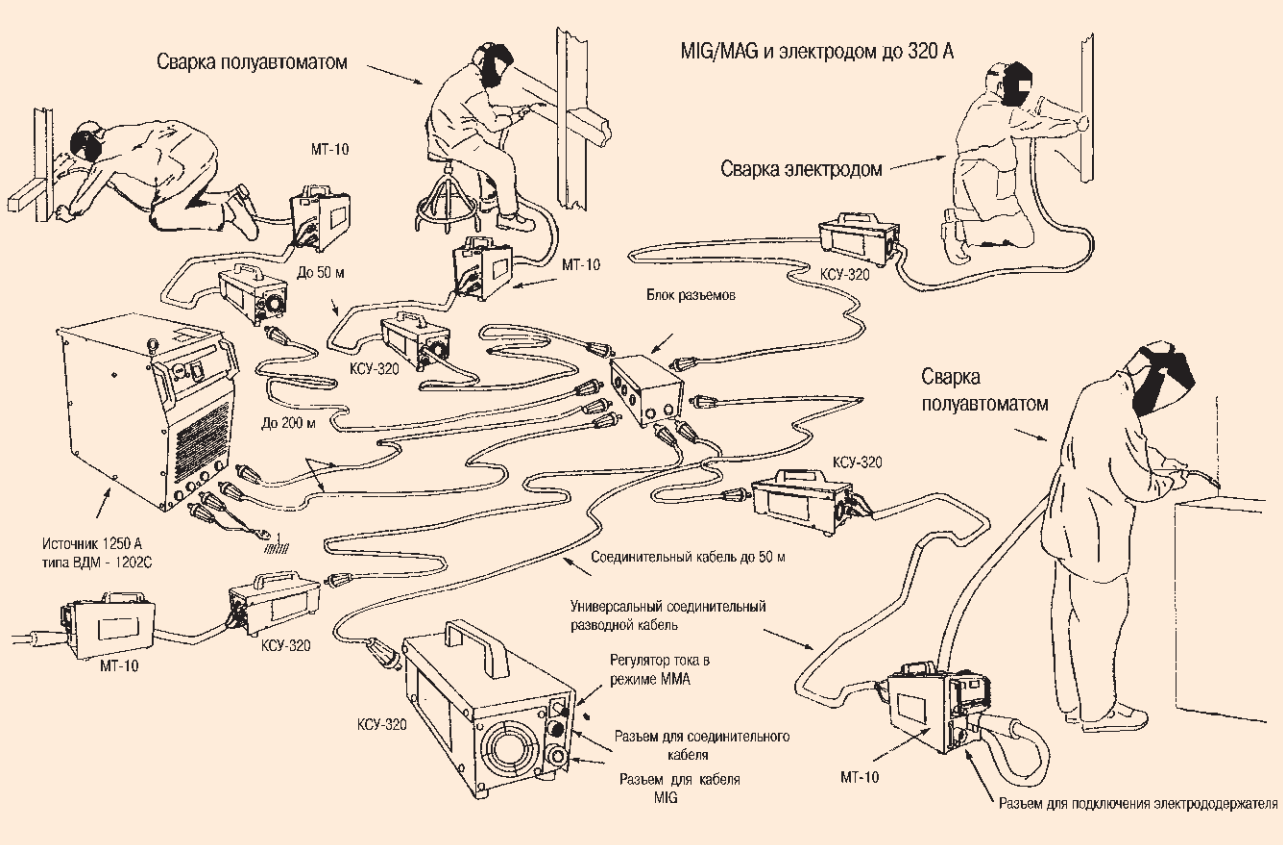
- Применение КСУ–320 вместо балластных реостатов уменьшает энергопотребление одного сварочного поста.
- Для питания КСУ–320 используют напряжение холостого хода сварочного источника, что защищает сварщика от высокого напряжения при работе на высоте, на металлической поверхности.
- Сварочный конвертор КСУ–320 обеспечивает плавное регулирование индуктивного сопротивления сварочной цепи.
- Предусмотрена возможность предварительной установки значений силы сварочного тока при сварке покрытыми электродами.
- Возможен выбор вольт-амперной характеристики с жесткими внешними характеристиками для полуавтоматической сварки и падающими внешними характеристиками для ручной дуговой сварки.
- Исключено взаимное влияние сварочных постов при работе от одного многопостового сварочного источника.
- Возможно увеличение количества постов для сварки от одного многопостового источника за счет высокого КПД.
- Стабилизация установленного сварочного режима сварки при изменении напряжения питания от 45 до 90 В.
- Режим «Горячий старт» при сварке ММА.
- Возможность применения с любым многопостовым источником питания электросварочного оборудования, независимо от года выпуска, функциональной сложности и завода изготовителя.
- Возможность выполнять сварку на расстояние до 200 м от сварочных источников.
- Создание системы для многопостовой полуавтоматической сварки и получение возможности одновременной работы постов в режимах ММА и МИГ/МАГ от одного источника.
- Питание собственных цепей управления и механизма подачи сварочной проволоки за счет встроенного импульсного источника питания.
- По дополнительному заказу КСУ–320 может изготавливаться со встроенным блоком снижения напряжения холостого хода сварочного источника (сниженное напряжение не более 12 В).

Сварочный конвертор имеет высокую степень защиты от негативных воздействий окружающей среды.

В результате сравнительных испытаний установлено, что при использовании КСУ–320 коэффициент наплавки металла увеличивается на 5–8%. Разбрызгивание незначительное или отсутствует, формирование шва мелкочешуйчатое. Расход электродов для наплавки 1 кг металла снижается на 3%.

Сварочный конвертор КСУ–320

Схема подключения КСУ–320 и подающего механизма МТ–10 от многопостовых источников для многопостовой сварки покрытыми электродами и для полуавтоматической сварки в защитных газах



Высокое качество сварки при применении КСУ позволяет существенно снизить продолжительность вспомогательного времени для зачистки швов от шлака и брызг металла в зоне термического влияния.

Использование КСУ–320 повышает качество сварных соединений, при этом существенно уменьшается количество используемого электросварочного оборудования и, как следствие, снижается время на его обслуживание. Переход на новую схему работы позволит существенно снизить потребление электрической энергии.

При этом необходимо учесть то, что балластные реостаты в течение года требуют ремонта и замены спиралей (80% используемых балластных реостатов после одного года эксплуатации будут требовать капитального ремонта, 30% из них — замены на новые).

Техническая характеристика:

Напряжение питания $U_{вх}$, В *45–90*

Выходное напряжение, В *0–Uвх*

Сила номинального сварочного тока, А (при ПВ, %) . . . . . *250 (100); 320 (60)*

Предел регулирования силы сварочного тока, А:

ММА *30–320*

МИГ/МАГ *40–320*

Потребляемая мощность, кВт *11*

Габаритные размеры, мм . . . . *190×570×260*

Масса, кг *13,5*

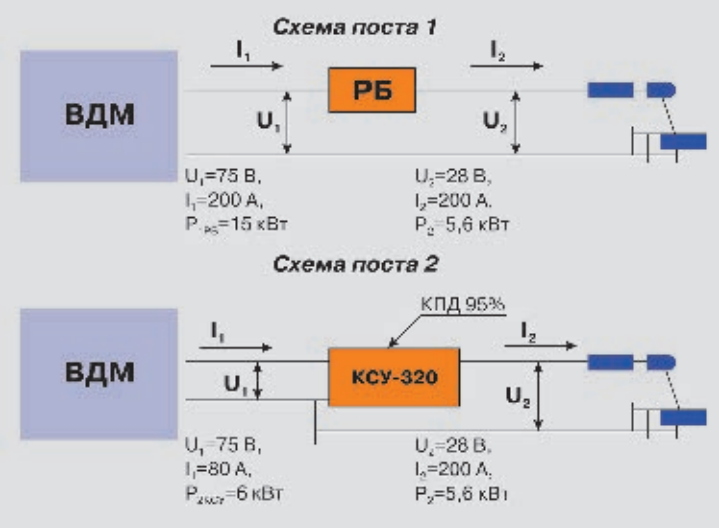
Украина, 95000, г. Симферополь, ул. Генерала Васильева, 32-А,
тел. (0652) 48-18-62, 48-57-96, 48-17-17, 48-59-12, 48-65-37
тел./факс (0652) 48-19-73, 48-60-82; e-mail: sales@selma.crimea.ua

WWW.SELMA.UA

Расчет экономической эффективности совместного использования КСУ–320 и сварочных выпрямителей типа ВДМ при ручной дуговой сварке

Исходные данные для расчета экономического эффекта:
Количество рабочих смен — 2.
Стоимость КСУ–320 — 7200 грн.
Стоимость балластного реостата РБ–302 — 669 грн.
Ориентировочная стоимость электродов — 5,0 грн.
Общий объем наплавленного металла в год — 1500 кг.
Годовой плановый фонд работы оборудования — 4000 ч, из них 2500 ч под нагрузкой.
Количество рабочих дней в году — 250.
Продолжительность рабочей смены — 8 ч, из которых 5 ч ведутся сварочные работы.
Типичный режим сварки — I_2=200 А, U_2=28 В.
Схема поста 1 — использование балластных реостатов.
Схема поста 2 — использование КСУ–320.

Экономия электроэнергии составит: $P_{1РБ} - P_{2КСУ}$ = 9 кВт.



Основные технико-экономические преимущества применения системы ВДМ–1202С + КСУ–320:

- Значительное снижение энергопотребления на одном сварочном посту.
- Увеличение *одновременно* работающих сварочных постов от одного источника питания:
  при использовании КСУ–320 — 12 постов (200 А);
  при использовании РБ–302 — 6 постов (200 А).
- Увеличение коэффициента наплавки на 5–8% и снижение расхода сварочных электродов до 150 кг/год на одном посту.
- Возможность удаления сварочного поста от источника питания до 200 м.
- Возможность выполнения сварочных работ электродами как с основным, так и с целлюлозным покрытием.
- Возможностью задания технологически необходимого значения силы сварочного тока и его фиксации на изделии с помощью многооборотных резисторов Mult-Lock.
- Уменьшение в два раза необходимого сечения сварочных кабелей, соединяющих ВДМ и КСУ, что позволяет экономить до 10 грн. на 1 погонном метре сварочного кабеля.
- Создание системы многопостовой механизированной сварки за счет последовательного подключения в цепь сварочного полуавтомата МТ–10, ПДГ–422.

Показатель	*КСУ–320*	*РБ–302*	*Разница*
1-й год эксплуатации			
Стоимость оборудования, необходимого для организации одного поста, грн.	7200	669×2=1338, так как при двухсменной работе в течение года один РБ выйдет из строя	–5862
Стоимость электроэнергии, потребляемой за год на одном сварочном посту (две смены), грн.	4500	11 250	+6750
Стоимость сварочных материалов, потребляемых за год, грн.	46509×5=23250	4800×5=24000	+750
Эффективность внедрения КСУ–320 в первый год эксплуатации, грн.			1638
2-й год эксплуатации			
Стоимость оборудования, грн.	—	669	–669
Стоимость электроэнергии, потребляемой за год на одном сварочном посту, грн.	4500	11 250	+6750
Стоимость сварочных материалов, потребляемых за год, грн.	23250	24000	+750
Эффективность внедрения КСУ–320 во втором году эксплуатации, грн.			6831

Снижение динамических нагрузок на позвоночник при срабатывании предохранительных поясов

И. А. Фоменко, А. Т. Орленко, кандидаты техн. наук, НТУУ «КПИ» (Киев)

Согласно требованиям техники безопасности, рабочие, выполняющие работы на высоте более 5 м, обязаны применять предохранительные пояса. Такими поясами пользуются для страхования во время работы монтажники-высотники, сварщики крупных металлоконструкций, механики, обслуживающие грузоподъемные краны, ремонтники железнодорожных и автомобильных мостов, лица, работающие в колодцах, емкостях и резервуарах, на крышах и опорах. При возникновении чрезвычайной ситуации предохранительный пояс должен уберечь человека от падения с опасной высоты и гарантировать его спасение.

Практика показывает, что при падении человека, в момент натяжения стропа предохранительного пояса на позвоночник могут действовать значительные динамические нагрузки, не исключающие отрицательных последствий.

Динамические нагрузки на позвоночник зависят, прежде всего, от следующих факторов:

- высоты падения до момента натяжения стропа пояса;
- положения тела в пространстве в момент натяжения стропа, определяемого плоскостью действия нагрузки на позвоночник;
- уровня физического развития мышц туловища;
- массы человека.

Для снижения динамических нагрузок на позвоночник предлагают в строп предохранительного пояса устанавливать малогабаритный амортизирующий гидроцилиндр с регулируемым перепускным клапаном.

На *рис. 1* показана схема установки амортизирующего гидроцилиндра в цепном стропе предохранительного пояса.

Для расчета параметров амортизирующего гидроцилиндра были приняты следующие начальные условия: масса человека 80 кг, высота падения до момента натяжения стропа 1 м, ускорение торможения, обеспечиваемое при срабатывании перепускного клапана гидроцилиндра 7g (максимально допустимое ускорение для организма человека равно 10g).

Амортизирующий гидроцилиндр, спроектированный с учетом перечисленных начальных условий, показан на *рис. 2*.

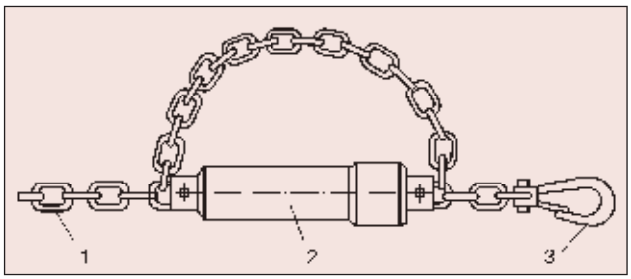


Рис. 1. Схема установки амортизирующего гидроцилиндра: 1 — строп; 2 — гидроцилиндр; 3 — карабин

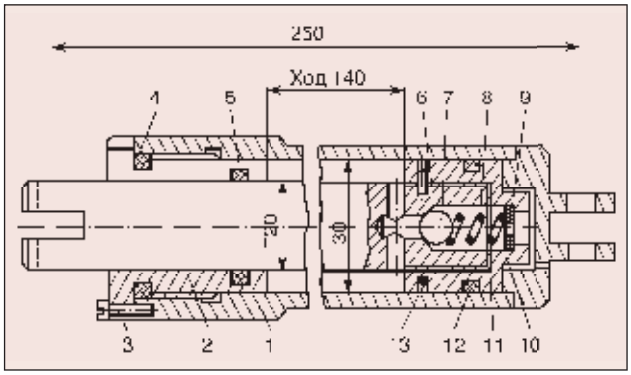


Рис. 2. Амортизирующий гидроцилиндр

Внутри корпуса *1* гидроцилиндра установлена втулка *2* со стопорным винтом *3* и уплотнителями *4* и *5*. Здесь же расположен шток *6*, в котором смонтирован перепускной клапан, состоящий из шарика *7*, пружины *8* и регулировочных шайб *9*, обеспечивающих настройку требуемого давления для срабатывания клапана. Между поршнем *10* и торцом штока *6* находится алюминиевая уплотнительная шайба *11*. На поршне *10* установлено уплотнение *12* и стопорное кольцо *13*.

Расчет, выполненный на основе приведенных выше начальных условий, показывает, что давление срабатывания перепускного клапана должно быть 14 МПа, оно обеспечит ускорение торможения 7g и гарантирует, при указанных размерах гидроцилиндра, гашение кинетической энергии, которую накапливает тело человека массой 80 кг при падении с высоты 1 м.

Предлагаемый гидроцилиндр закреплен в конце стропа, около карабина, поэтому тело человека не испытывает дополнительной нагрузки, гидроцилиндр также не влияет на прочность стропа, так как его устанавливают параллельно со стропом. ● **# 664**

Використання інформаційно-аналітичної системи при плануванні працеохоронних заходів у зварювальному виробництві

О. І. Полукаров, канд. техн. наук, НТУУ «КПІ»,
О. Є. Кружилко, канд. техн. наук, **Ю. О. Полукаров,** Національний НДІ охорони праці (Київ)

На сьогоднішній день одним із найбільш розповсюджених технологічних процесів є зварювання. У зварювальному виробництві зайнято сотні тисяч зварників, праця яких характеризується високим ступенем ризику травматизму та розвитком професійних захворювань (ПЗ), оскільки вона пов'язана із впливом на організм працюючих численних небезпечних та шкідливих виробничих факторів. Незважаючи на те, що для зниження впливу цих факторів застосовують комплекс різноманітних заходів — технологічних, санітарно-технічних, організаційних та лікувально-профілактичних, рівень професійної захворюваності серед зварників продовжує зростати.

З метою забезпечення наукового обґрунтування планування працеохоронних заходів розроблено інформаційно-аналітичну систему захисту зварників (ІАС ЗЗ). До складу ІАС ЗЗ входять такі підсистеми: ведення баз даних (для вводу, редагування та збереження даних про технологічні чинники, концентрації шкідливих речовин, пилові навантаження та статистичні дані для розрахунку професійних захворювань); розрахунку моделей (для отримання моделей функціональних залежностей показників від багатьох чинників); експертної оцінки (для вводу, збереження та експертної оцінки альтернатив управлінських рішень). Крім того, до складу ІАС ЗЗ входить комп'ютеризована база даних засобів захисту, яка містить такі тематичні розділи: засоби індивідуального захисту; засоби колективного захисту; виробники засобів захисту; сертифікаційні центри та випробувальні лабораторії засобів індивідуального захисту; нормативні документи щодо засобів захисту, а також науково-технічна, методична, аналітична та довідкова інформація з питань засобів захисту. Головне вікно ІАС ЗЗ представлено на *рис. 1*. Введення даних виконується у відповідні розділи:

- технологічні чинники — марка та діаметр електрода, сила зварювального струму та вид струму;
- концентрації шкідливих речовин — інтенсивність утворення зварювального аерозолю (ЗА), умови зварювання, витрати зварювального матеріалу, умови вентиляції робочих місць;
- пилові навантаження — середньозмінні концентрації пилу в повітрі робочої зони, середньозмінний об'єм легеневої вентиляції, коефіцієнти, що враховують ефективність використання засобів захисту, час (протягом зміни) безпосереднього контакту працівника з пилом;
- статистичні дані для розрахунку професійних захворювань — вік працівника, загальний стаж його роботи, стаж роботи в контакті з пилом, середнє пилове навантаження на організм працівника.

Використовуючи ІАС ЗЗ, розраховують математичні моделі залежностей інтенсивності утворення зварювального аерозолю та його концентрації, а також ризику професійного захворювання від відповідних чинників, що впливають на кожен з цих показників.

Планування працеохоронних заходів з використанням ІАС ЗЗ відбувається відповідно до алгоритму *(рис. 2)*.

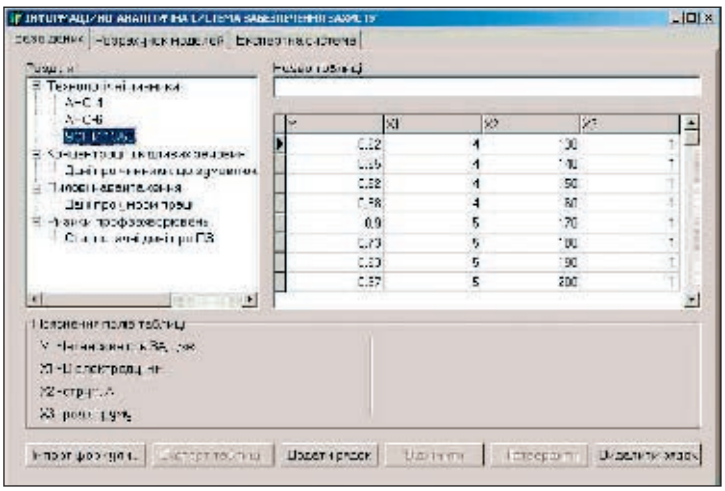


Рис. 1. Головне вікно інформаційно-аналітичної системи захисту зварників

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

Етап 2. Введення підготовлених масивів даних до відповідних баз даних. При цьому виявляють та усувають помилки, при необхідності уточнюють окремі дані.

Етап 3. Розрахунок ризику професійного захворювання R_p виконують з використанням як введених початкових даних, так і накопичених статистичних даних.

Узагальнюючи результати досліджень, алгоритм оцінки ризику ПЗ працівників зварювального виробництва передбачає виконання послідовності підетапів, на кожному з яких оцінюють велику кількість чинників, виконують розрахунки та зберігають проміжні результати.

Підетап 3.1. Моделювання інтенсивності утворення зварювального аерозолю для визначеного типу електрода:

$$V = V(D, I, B),$$

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

Підетап 3.2. Моделювання концентрації зварювального аерозолю:

$$C = F(V, U, M, Q),$$

де C — концентрація ЗА, мг/м^3; V — інтенсивність утворення ЗА, г/хв; U — умови зварювання; M — витрати зварювального матеріалу, кг; Q — умови вентиляції робочих місць.

Середньозважена концентрація за зміну розраховується за формулою:

$$C_{сз} = \left(\sum_{i=1}^{n} C_i t_i\right)/T,$$

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

Підетап 3. Визначення величини середньозмінного експозиційного пилового навантаження на організм працівника:

$$W_{сз} = C_{сз} LTZ,$$

де $W_{сз}$ — середньозмінне пилове навантаження на організм працівника, мг; $C_{сз}$ — середньозмінна концентрація пилу в повітрі робочої зони, мг/м^3; L — середньозмінний об'єм легеневої вентиляції, м^3/хв; Z — коефіцієнт проникання ЗІЗОД, що використовується; T — час (протягом зміни) безпосереднього контакту працівника з пилом, хв.

Підетап 3.4. Моделювання ризику ПЗ:

$$R_p = F(G, S, K, W) = F[G, S, K, W(C(V(D, I, B)L, T, Z)], \quad (1)$$

де R_p — ризик ПЗ; G — вік працівника, роки; S — загальний стаж роботи працівника,

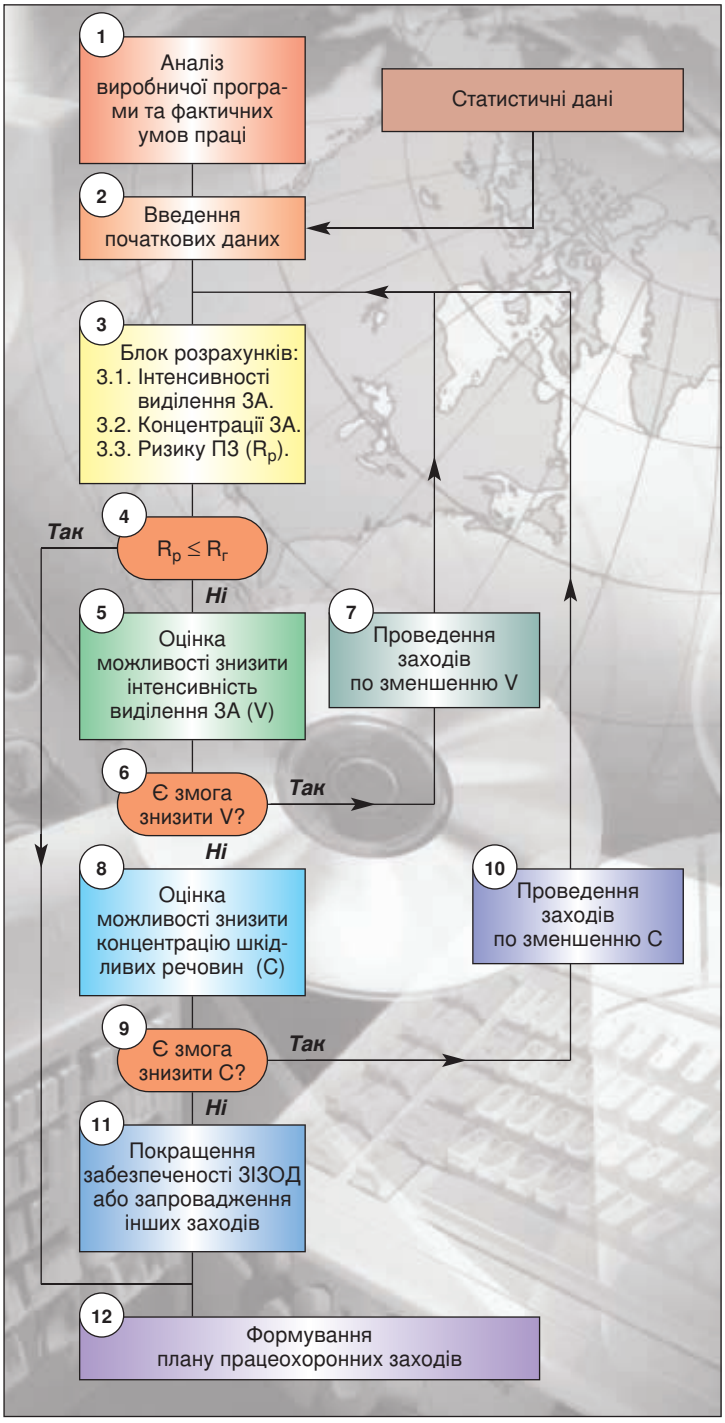


Рис. 2. Алгоритм планування працеохоронних заходів з використанням ІАС

роки; K — стаж роботи в контакті з пилом, роки; W — середнє пилове навантаження на організм працівника, мг.

Підетап 3.5. Підстановка чисельних значень чинників, що апроксимують параметри зварювання, умови праці, антропологічні дані працівника (групи працівників), в узагальнену формулу (1) та розрахунок величини ризику профзахворювання R_p.

Етап 4. Порівняння розрахункового та гранично допустимого $R_г$ значень ризику. В разі перевищення величини розрахункового ризику над величиною гранично допустимого необхідне застосування заходів технічного або організаційного характеру для зниження рівня ризику (управління ризиком). Якщо R_p виявилась не більше $R_г$, то це означає, що для працівника (групи працівників) можна не вживати ніяких додаткових заходів (перехід до етапу 12).

Етап 5. Аналіз технологічних чинників з метою виявлення можливості зміни окремих параметрів для зменшення інтенсивності утворення ЗА. На цьому етапі ретельно вивчають технологічний процес зварювання, оцінюють можливість переходу до використання інших (менш шкідливих) електродів, інших значень сили зварювального струму тощо. В окремих випадках доцільним є вивчення передового досвіду інших підприємств, а також залучення експертів.

Етап 6. Оцінка можливості зниження рівня інтенсивності утворення ЗА. Якщо така можливість є, а її реалізація не приведе до проблем з виконанням виробничої програми, наступним буде етап 7, в іншому випадку — етап 8.

Етап 7. Проведення заходів по зниженню рівня інтенсивності утворення ЗА. Перехід до етапів 3 та 4: проведення повторного розрахунку R_p та повторної оцінки $R_p \leq R_г$.

Етап 8. Цей етап виконують за умов, що розрахунковий рівень ПЗ не було знижено до рівня гранично допустимого в результаті поглибленого аналізу технологічних чинників та реалізації відповідних заходів. В цьому випадку проводять аналіз чинників, які характеризують організацію роботи, насамперед умови зварювання, обсяги витрат зварювального матеріалу та умови вентиляції робочих місць. За результатами аналізу формують пропозиції щодо покращення стану хоча б одного з розглянутих чинників.

Етап 9. Оцінка можливості зниження концентрації зварювального аерозолю. Якщо така можливість є, здійснюється перехід до етапу 10, в іншому випадку — до етапу 11.

Етап 10. Проведення заходів по зниженню рівня концентрації зварювального аерозолю. Перехід до етапів 3 та 4.

Етап 11. Цей етап виконують за умов, що розрахунковий рівень ПЗ не може бути знижений до рівня гранично допустимого шляхом реалізації заходів як технологічного, так і організаційного характеру. В цьому випадку треба вжити заходів щодо забезпечення працюючих ЗІЗОД належної якості та контролю їх використання.

Етап 12. Узагальнення результатів аналізу та формування зведеного плану заходів. При необхідності розробляють економічне обґрунтування плану або окремі заходи.

Застосування ІАС ЗЗ дозволяє одержати обґрунтовані рекомендації щодо планування заходів, спрямованих на зниження ризику ПЗ у зварників. При цьому використовують оперативні дані, що характеризують стан охорони праці, а також статистичні дані із санітарно-технічних паспортів підрозділів про допустимі та фактичні рівні загазованості, рівні випромінювання тощо. ● **# 665**

Читателям журнала «Сварщик» хорошо известно рекламное приложение «Торговый Ряд» (материалы и оборудование для сварки и родственных процессов), которое с 1999 г. публиковалось на наших страницах и вызывало немалый интерес читателей.

С 2005 г. прайс-обозрение **«Все для сварки. Торговый Ряд»** выходит отдельным изданием ежемесячно. Прайс-обозрение распространяется:

- по подписке, в том числе через региональные подписные агентства;
- адресной рассылкой на промышленные предприятия Украины и России;
- на специализированных выставках;
- в специализированных сварочных магазинах.

Подписка-2006 на прайс-обозрение **«Все для сварки. Торговый Ряд»** *продолжается. Подписной индекс* **94640** *в каталоге «Укрпошта».*

Наш факультет — высшая школа сварки

Сварщик — это не просто профессия, сварщик — это стиль жизни. Думаю, те, кто посвятил сварке свою жизнь, поймут меня. Только, как оказалось, сварщиком быть нелегко. Наверное, если бы не было трудностей, не появились бы Институт электросварки им. Е. О. Патона и мы — сварочный факультет НТУУ «КПИ».

Идея создания сварочного факультета принадлежит Евгению Оскаровичу Патону (1948 г.), вначале это была кафедра в составе машиностроительного факультета. В 1975 г. факультет переехал в отдельный корпус, который был оснащен современными лабораториями, где студенты своими глазами могли увидеть, как протекают технологические процессы. Теоретическая подготовка теперь подкрепилась хорошей практикой.

После четырех лет обучения студенту присваивается степень «бакалавр», дальнейшее обучение возможно продолжить по программам «специалист» или «магистр». Выпускник сварочного факультета получает специальность «инженер-электромеханик».

Программа подготовки специалистов включает в себя такие общеинженерные дисциплины, как физика, химия, высшая математика, металловедение, детали машин, теория машин и механизмов, сопромат, теоретические основы электротехники, основы обработки металлов, термодинамика, теория сварочных процессов, теоретическая механика, физико-химические основы производства металлов, схемотехника, инженерная графика. Выпускник сварочного факультета — это специалист широкого профиля и, прежде всего, инженер, а уже потом инженер-сварщик. Пройдя хорошую инженерную школу, бывшие студенты работают не только главными сварщиками, но и занимают руководящие должности на ведущих предприятиях Украины. Выпускники сварочного факультета имеют преимущества при получении квалификации «международный инженер-сварщик» — обучение проходит по сокращенной программе.

Поступить на первый курс можно сразу после школы, сдав вступительные экзамены, или после окончания подготовительных курсов (тогда студентом вы станете еще в мае). А вот выпускники Киевского механико-металлургического техникума и Днепропетровского техникума сварки и электроники им. Е. О. Патона могут стать студентами сразу после второго курса и продолжить обучение, уже зная свою профессию.

НТУУ «КПИ» и университет Отто-фон-Герике (г. Магдебург, Германия) организовали совместный машиностроительный факультет. После четырех лет интенсивного изучения немецкого языка и общеинженерных дисциплин вы получаете степень бакалавра и имеете возможность продолжить обучение в магистратуре в Германии (если успешно сдадите экзамен по немецкому языку). Результатом двухлетнего труда будут два диплома, один из которых вы защитите в Германии, а другой — в Украине.

В Национальном техническом университете «КПИ» специалистов готовят три кафедры: кафедра сварочного производства, кафедра электросварочных установок и кафедра восстановления деталей машин.

Выпускники *кафедры сварочного производства* работают на предприятиях, где основным технологическим процессом является сварка (специальность — технология и установки сварки, 7.0923.01).

Кафедра электросварочных установок готовит специалистов в области проектирования сварочного оборудования и систем автоматизации (специальность — сварочные установки, 7.0923.02). Выпускники кафедры работают в конструкторских отделах

Студенты сварочного факультета

Декан сварочного факультета, заведующий кафедрой электросварочного оборудования, доктор технических наук, профессор Сергей Константинович Фомичев

ведущих предприятий, занимаются разработкой нового оборудования и систем автоматизации, внедрением синергетических систем в сварочное производство.

На *кафедре восстановления деталей машин* получают специальность «Технология и установки восстановления и повышения износостойкости машин и конструкций» (7.0923.03). Специалисты данного профиля владеют методами газотермического и вакуумного нанесения покрытий, методами модификации поверхности, управления свойствами поверхности изделия (инженерия поверхности).

Преподавательский состав факультета впечатляет — 8 профессоров, 25 доцентов, 15 старших преподавателей и ассистентов. Многие — бывшие студенты, которые посвятили свою жизнь науке и подготовке молодых специалистов. Каждый из них имеет богатый жизненный и производственный опыт, поэтому о проблемах современной промышленности знают не понаслышке. На факультете ведутся научно-исследовательские работы при участии студентов и аспирантов.

Декан сварочного факультета, заведующий кафедрой электросварочного оборудования, доктор технических наук, профессор *Фомичев Сергей Константинович:* «Мы гордимся нашими выпускниками, которых ценят не только в Украине, они признаны одними из лучших за рубежом. Эти достижения являются свидетельством не только нашего развития, но и желания занимать первые места в современном образовании по подготовке специалистов в области сварки». Трудно не поверить человеку, целеустремленность которого проявляется не только в профессиональной деятельности, но и в увлечениях. Горные виды спорта — главное его хобби.

Заместитель декана по воспитательной части, старший преподаватель *Бойко Виталий Петрович:* «В последнее время заметно растет спрос на выпускников сварочного факультета, увеличивается число заявок с предприятий, фирм, учреждений, деятельность которых связана со сварочным производством. Сварочный факультет много делает для повышения имиджа нашего выпускника до международного уровня. Главное, чтобы специалист был профессионалом в том деле, которым занимается, а значит, все делал качественно, своевременно и не поверхностно». О Виталии Петровиче говорят: талантливый человек талантлив во всем. Выпускник музыкальной школы по классу баяна и хороший певец, он исколесил всю Прибалтику в составе хора, неоднократно занимал призовые места на различных фестивалях.

Прохоренко Владимир Михайлович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой сварочного производства: «В век информационных технологий перспектива состоит в том, чтобы внедрять эти технологии в сварочное производство. За этим будущее. Важнейший фактор достижения желаемого результата — упорство. Лишь 5% — талант, остальное — упорство. Главное, не делать людям плохого, даже студентам». Энергию Владимир Михайлович черпает, занимаясь в свободное время «общением» с кактусами (вот уже 30 лет). Удивительно, но в его коллекции около 500 различных видов этих растений.

Кузнецов Валерий Дмитриевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой восстановления деталей машин: «Мое жизненное кредо — «Бороться и искать, найти и не сдаваться». Меня, как и многих наших выпускников, которые решили посвятить свою жизнь научной деятельности, привлекают огромные возможности работы в одном из перспективных направлений науки и техники, а именно инженерии поверхности». В свободное время Валерий Дмитриевич занимается «языкознанием», ищет технически верные переводы сварочной терминологии. Это не просто интересно, это крайне нужно при общении с иностранными специалистами.

Скачков Игорь Олегович, кандидат технических наук: «Я горжусь всеми нашими выпускниками. Ведь все они получают хорошую технологическую базу, которая позволяет работать грамотным конструктором как по производству сварочного оборудования, так и вообще электромеханического оборудования, что на сегодняшний день является востребованным. Считаю, что без удачи не бывает ничего, но без упорства не поможет

даже удача». Свое хобби характеризует одним словом — «дача», но не упускает возможности заняться и другой интересной деятельностью.

С такими незаурядными людьми, как наши преподаватели, и студентам скучать не приходится. Уже стало хорошей традицией в последнюю пятницу апреля отмечать День факультета. На праздник приходят не только студенты и преподаватели, но и выпускники прошлых лет.

Каждый выпускник нашего факультета найдет свое место в жизни. Гордиться можно каждым.

Весь мир вертится вокруг сварки — возможно, это покажется несколько пафосным, но сварка уже давно прочно вошла в нашу жизнь и заняла в ней крепкие позиции. Сварка — не просто неразъемное соединение металла, а сложный технологический процесс, для понимания которого необходимы не только знания, но и умение думать. Поэтому сварщик не просто профессия — это стиль жизни. ● **# 666**

Елена Лопаткина, *студентка 4-го курса сварочного факультета НТУУ «КПИ», главный редактор газеты «Мир сварки»*

Техникум сварки и электроники в Днепропетровске

Днепропетровский техникум сварки и электроники им. Е. О. Патона существует более 70 лет. За это время подготовлено свыше 16 тысяч специалистов сварочного производства, которые с успехом трудятся не только в Украине, но и во многих странах СНГ.

В настоящее время техникум готовит не только технологов сварочного производства, техников-электромехаников, техников по контролю качества металлов и сварных соединений, но и специалистов по обслуживанию и ремонту компьютерных систем, программированию для электронно-вычислительной техники и автоматики. Недавно открыто экономическое отделение. Кроме того, ведется заочное обучение специалистов сварочного цикла, организованы курсы подготовки и переподготовки электросварщиков и операторов компьютерных установок.

При техникуме создан Приднепровский аттестационный центр неразрушающего контроля и технической диагностики сварных соединений. На стационарных и заочном отделениях обучается более 1500 студентов. Учебный процесс ведут 90 преподавателей и мастеров. Почти половине из них присвоены высшие категории.

Техникум включен в систему центров беспрерывного образования. Поэтому выпускники, по желанию, могут продолжать образование в Днепропетровском национальном университете, Металлургической академии, Национальном техническом университете «КПИ» и ряде других вузов Украины.

Студенты, приехавшие из других городов, живут в 9-этажном общежитии. В актовом зале на 500 мест проводят фестивали, концерты. Создан центр прикладного искусства, музыкальные и вокальные кружки. Студенты могут посвятить свое свободное время и занятиям спортом — работают секции по различным видам спорта. Студенческие команды участвуют в городских и областных спартакиадах учебных заведений и завоевывают призовые места.

В техникуме большая библиотека: 40 тыс. книг, более половины из них — техническая литература по специальностям, учебники, справочники.

Днепропетровский техникум сварки и электроники им. Е. О. Патона является базовым центром высших учебных заведений I–II уровней аккредитации города. В нем сосредоточена работа методических объединений преподавателей региона.

В настоящее время в Украине наметился рост промышленного производства, а следовательно, возникает острая необходимость в квалифицированных кадрах сварочного производства: техниках-технологах, техниках-электромеханиках, техниках-дефектоскопистах. Таких специалистов готовит сегодня Днепропетровский техникум сварки и электроники им. Е. О. Патона. ● **# 667**

Илья Кацнельсон, Виталий Каменецкий, *преподаватели техникума*

Специалисты о журнале «Сварщик»

В 2005 г. журнал «Сварщик» провел анкетный опрос специалистов сварочного производства ведущих промышленных предприятий Украины.

Одна из задач анкетирования состояла в том, чтобы выяснить, какая информация необходима для создателей и потребителей сварочной техники, какие технологии востребованы на производстве. По результатам опроса редакционная коллегия сделала выводы и учла высказанные пожелания для определения главных направлений в развитии и дальнейшем совершенствовании тематики журнала.

Для наших будущих авторов мы приводим небольшую выборку из анкет, которая, на наш взгляд, в какой-то мере поможет сориентироваться в том, какие темы интересны читателям журнала «Сварщик» и дефицит какой информации они испытывают.

Е. С. Воронков, главный сварщик ОАО «Харьковский котельно-механический завод:

Недостаточно информации по полуавтоматической сварке в смесях $Ar+CO_2+O_2$ в импульсном режиме.

А. Н. Алимов, технический директор ООО «Арксэл»:

Хотелось бы больше материалов, касающихся технологических рекомендаций к процессам изготовления сварочных материалов.

Е. Д. Фролов, гл. инженер ООО НПП «Луганскэмаль»:

Интересуют вопросы, связанные с автоматами и полуавтоматами для сварки изделий. Рекомендуем расширить прикладную тематику.

А. П. Коваль, инженер-технолог ЗАО «Калиновский машзавод»:

Нужна информация по автоматизации сварки обечаек, емкостей с применением отечественных и российских разработок. Рекомендуем больше уделять внимания оборудованию пищевой промышленности. Давно не было публикаций по сосудам, работающим под давлением и в вакууме.

И. В. Шевченко, главный инженер ЗАО «Краматорский ЗМК»:

Интерес представляют новое оборудование и технологии, а также опыт зарубежных специалистов.

В. В. Ветров, главный сварщик ВАТ «ЕМЗ «Металіст» (Киев):

Необходимо осветить вопросы технологической подготовки сварочного производства. Одна из рекомендуемых тем — особенности сварки металлоконструкций балочного типа.

А. Н. Здор, главный металлург ХРП «АвтоЗАЗ-Мотор» ЗАО «Запорожский автомобилестроительный завод»:

Важно публиковать материалы по вредным факторам и охране труда в сварочном производстве. Интересными представляются темы: 1) влияние обмазки покрытых электродов на качество сварного шва; 2) контроль качества и требования к паяным соединениям.

Е. П. Бугайчук, главный сварщик ОАО «Червона зірка»:

Нужно уделить внимание вопросам деформаций сварных конструкций и сварке при ремонтах.

В. А. Прощенко, начальник бюро сварочных работ ОАО «Днепропетровский стрелочный завод»:

Были бы интересны статьи о термообработке сварных и паяных изделий. Одной из тем могла бы быть такая: «Зарубежные аналоги отечественных марок электродов для ручной дуговой сварки».

С. В. Цапюк, начальник бюро сварки ОГМет ГП «Киевский авиационный завод «Авиант»:

Необходима информация по парку оборудования для плазменного напыления.

Для тех, кто желает высказать свои пожелания нашему журналу, предлагаем заполнить АНКЕТУ и выслать ее *по адресу:* 03150, Киев-150, а/я 52; *по факсу:* (+38 044) 287–6502 или *e-mail:* welder@welder.kiev.ua. Анкета размещена на нашем сайте http://www.et.ua/welder/.

АНКЕТА

Наименование Вашего предприятия (почтовый адрес с индексом): _____

_____

Основной вид производимой продукции (предоставляемых услуг) _____

_____

Методы сварки, используемые в Вашем производстве:

- ❑ газовая;
- ❑ ручная покрытыми электродами;
- ❑ неплавящимся электродом в среде аргона;
- ❑ полуавтоматическая в среде CO_2;
- ❑ автоматическая под флюсом;
- ❑ контактная точечная;
- ❑ контактная шовная;
- ❑ другие (укажите) _____

Дефицит какой информации по сварке и родственным технологиям Вы ощущаете? _____

_____

Предложите тему номера журнала или статьи _____

_____

Ваши рекомендации редакции журнала «Сварщик» :

_____

_____

_____

_____

_____

Сведения о лице, заполнившем анкету

Фамилия, имя, отчество _____

Должность _____

Телефон, факс _____

E-mail _____

Календарь выставок на 2006 г.

Россия

Дата	*Место проведения*	*Название выставки*	*Подробности*	*Организатор*
23.05–26.05	Москва, Экпоцентр на Красной Пресне, павильон Форум	**Комплекс металлургических выставок**	Международные специализированные выставки: Металлургия. Литмаш–2006, Трубы. Россия–2006, Алюминий. Цветмет. Россия–2006	ЗАО «Металл-Экспо» http://www.metal-expo.ru info@metal-expo.ru
23.05–27.05	Москва, Экспоцентр на Красной Пресне	**Металлообработка–2006**	9-я Международная выставка	ЗАО «Экспоцентр» Ассоциация «Станкоинструмент» http://www.expocentr.ru
24.05–26.05	Томск, Выставочный павильон ОАО ТМДЦ «Технопарк»	**Сварка–2006**	3-я Межрегиональная специализированная выставка-ярмарка	ТМДЦ «Технопарк» http://www.t-park.ru/org9@t-park.ru
30.05–02.06	Санкт-Петербург	**Сварка–2006**	Международная специализированная выставка	ОАО «Ленэкспо» Тел. (812) 321-26-31 E-Mail: averkina@lenexpo.ru http://welding.lenexpo.ru
05.06–07.06	Магнитогорск, Ледовый дворец	**Металлургия. Машиностроение. Металлообработка. Сварка–2006**	3-я Межрегиональная выставка	ВЦ «Восточные Ворота» http://www.exponet.ru
16.06–18.06	Сочи, ВЦ гостиничного комплекса «Жемчужина»	**Сварка–2006**	Специализированная выставка-ярмарка	СОУД - Сочинские выставки http://www.exponet.ru
20.06–23.06	Нижний Новгород, ВК «Нижегородская Ярмарка»	**Сварка–2006**	Специализированная выставка с международным участием	Нижегородская ярмарка http://www.yarmarka.ru
05.09–07.09	Санкт-Петербург, ВЦ «Михайловский Манеж»	**Дефектоскопия**	7-я Международная специализированная выставка. Неразрушающий контроль и техническая диагностика в промышленности	Выставочное объединение «РЕСТЭК» http://www.restec.ru
19.09–21.09	Екатеринбург, Дворец «Уралочка»	**Металлообработка**	9-я специализированная выставка	Уральские выставки-2000 (Екатеринбург) http://www.uv2000.ru
08.10–10.10	Тюмень, Выставочный зал	**Машиностроение. Станки. Инструменты. Сварка**	Специализированная выставка	ОАО «Тюменская ярмарка» тел./факс: (3452) 48-55-56, e-mail: fair2@bk.ru
10.10–12.10	Волгоград, ВЦ «ВолгоградЭКСПО»	**Машиностроение. Металлообработка**	Всероссийская специализированная выставка	ВЦ «ВолгоградЭКСПО» http://www.volgogradexpo.ru
10.10–12.10	Челябинск, ВЦ «Восточные Ворота»	**Металлообработка. Сварка. Станки и инструменты**	5-я Межрегиональная специализированная выставка	ВЦ «Восточные Ворота» http://expo.chelsi.ru/expo.html Тел. (3512) 63-75-12
17.10–20.10	Уфа, ВЦ «БашЭкспо»	**Сварка. Контроль. Реновация**	Сварочный форум: V Конкурс сварщиков России, и стран СНГ, научно-техническая конференция	ВЦ «БашЭкспо» http://www.bashexpo.ru
24.10–27.10	Ижевск, Ижевский ЭкспоЦентр	**Машиностроение. Металлургия. Металлообработка-2006**	3-я Международная специализированная выставка	Ижевский ЭкспоЦентр http://www.metal.izhexpo.ru
24.10–27.10	Новокузнецк	**Металлургия–2006, Росмаш, Сварка**	Специализированные выставки	ЗАО «Кузбасская ярмарка» Тел./ф.: (3843) 464958, 466372 E-mail:metal@kuzbass-fair.ru
07.10–10.10	Москва, Экспоцентр на Красной Пресне, павильон Форум	**Интеринструмент. Экспосварка. Мера–2006**	7-я международная специализированная выставка сварочного оборудования и технологий	ЗАО «Евроэкспо» Тел. (7 495) 105-65-61 «М.С.И. Фертрибсгельшафт мбХ» (Австрия) E-mail: msi@msi-fairs.com
07.11–10.11	Москва, КВЦ «Сокольники»	**Weldex / Россварка–2006**	6-я Международная специализированная выставка	ЗАО «МВК», E-mail: mem@mvK.ru
22.11–24.11	Казань	**Машиностроение. Металлообработка–2006**	Международная специализированная выставка	ОАО «Казанская ярмарка» http://www. expo-kazan.ru
28.11–01.12	Екатеринбург, Выставочный центр	**Металлургия. Металлообработка**	5-я специализированная выставка	Уралэкспоцентр http//www.uralex.ru e-mail: cd@uralexpo.mplik.ru

Окончание. Начало в № 1–2006. По информации www.euro-expo.ru; www.eventseye.com; www.exponet.ru.

— линия отрыва — линия отрыва — линия отрыва — линия отрыва — линия отрыва — линия отрыва — линия отрыва — линия отрыва —

Журнал «Сварщик» приветствует Вас и приглашает к сотрудничеству!

Мы предлагаем Вам стать автором нашего журнала — написать статью (практической направленности), короткое сообщение, рекламную информацию. Публикация в информационно-техническом журнале «Сварщик» позволит ознакомить с разработками Вашего предприятия достаточно широкий круг специалистов Украины и других стран (издание имеет свои представительства в России, Беларуси, странах Балтии, в Болгарии).

Если Вы примете наше предложение, направляйте статьи в адрес редакции: Украина, 03150 Киев, ул. Горького, 66; тел. +380 44 529 8651; тел./факс +380 44 287 6502. E-mail: welder1998@yahoo.com.

Надеемся на плодотворное сотрудничество.

Редколлегия

Как подготовить статью к публикации

Направляемые в редакцию **рукописи** обязательно должны готовиться в соответствии с ГОСТ 8.417–81 «ГСИ. Единицы физических величин». Статья может быть представлена на бумажном или магнитном носителе либо направлена по электронной почте.

При использовании бумажного носителя текст набирается через полтора интервала, страницы рукописи нумеруются. **Рисунки, схемы и графики** готовятся на отдельных страницах. **Фотографии** должны быть четкими и контрастными и предоставляются в виде оригиналов, а не ксерокопий или распечаток. **Текст** статьи подписывается всеми авторами.

В качестве магнитного носителя используются дискеты 3,5" или CD–R/RW (компакт-диск). **Текст** статьи набирается в текстовом редакторе MS Word for Windows. **Рисунки** представляются в форматах TIFF (желательно), EPS Illustrator for PC или BMP с разрешением 600 dpi для векторных (штриховых) изображений и 300 dpi — для фотографий. **Рисунки** готовятся отдельным файлом и не встраиваются в текст. Кроме дискеты, нужно представить распечатку статьи, идентичную файлу, с подписями всех авторов.

При пересылке по электронной почте необходимо также направить в адрес редакции распечатку статьи с подписями всех авторов.

Все аббревиатуры, сокращения и условные величины расшифровываются в тексте. Названия иностранных фирм и организаций даются в транскрипции первоисточника с указанием страны.

Все буквенные или цифровые обозначения, приведенные на рисунках, поясняются в тексте или подрисуночной подписи.

При компьютерном наборе рукописи надстрочные и подстрочные индексы следует оформлять, пользуясь опцией верхних и нижних индексов в MS Word, а не в виде формульных вставок. Простые **формулы** желательно набирать в основном тексте, а для сложных использовать приложение к Word — Microsoft Equation.

Таблицы и графы в таблицах должны иметь заголовки. Упоминаемые в заголовках величины сопровождаются соответствующими единицами измерения (в сокращенной форме).

Кроме того, редакции журнала сообщаются фамилия, имя и отчество (полностью) авторов, почтовый адрес с индексом, ученая степень, должность и место работы, контактный телефон и адрес электронной почты.

Уважаемые авторы! Представляя рукопись в редакцию, вы передаете издателю право на ее публикацию в журнале. Не допускается направлять в редакцию работы, опубликованные или намеченные к опубликованию в других изданиях.

— линия отрыва — линия отрыва — линия отрыва — линия отрыва — линия отрыва — линия отрыва — линия отрыва — линия отрыва — линия отрыва —

Тарифы на рекламу

На внутренних страницах

Площадь	Размер, мм (гор.-верт.)	Цена: Гривни* Цветн.	Гривни* Ч/б	Евро** Цветн.	Евро** Ч/б
1 полоса	180×254	**2380**	**1580**	**400**	**315**
1/2 полосы	180×125	**1320**	**880**	**220**	**180**
1/4 полосы	88×125	**800**	**530**	**120**	**110**
1/8 полосы	88×60	**500**	**330**	**100**	**75**

На страницах обложки

Страница	Размер, мм	Цена: Гривни*	Евро**
Последняя	205×285	**4244**	**680**
Другие	205×285	**3168**	**500**

* Для организаций-резидентов Украины (цены с НДС и ННР).

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

Изготовление оригинал-макета –

10% стоимости рекламной площади

Статья на правах рекламы –

50% стоимости рекламной площади

Прогрессивная система скидок

Количество подач	2	3	4	5	6 и более
● Скидка	**5%**	**10%**	**15%**	**20%**	**25%**

Требования к оригинал-макетам

Для макетов «под обрез»:
формат журнала после обрезки 205×285 мм;
до обрезки 215×295 мм; внутренние поля для текста и информативных изображений не менее 12 мм.

Черно-белые: TIF grayscale не менее 300 dpi для фотоизображений, EPS Illustrator for PC от 5 версии, include placed images (EPS-файлы placed images отдельно, текст в кривых), или CorelDraw 9 – 10, текст в кривых.

Цветные: TIF CMYK 300 dpi или EPS Illustrator for PC от 5 версии, include placed images (EPS-файлы placed images отдельно — EPS CMYK 300 dpi или bitmap 600 dpi, текст в кривых), или CorelDraw 9 – 10, текст в кривых.

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

Носители: дискеты 3.5'' — 2 копии файла или архива, или ZIP, или CD-ROM.

— линия отрыва — линия отрыва — линия отрыва — линия отрыва — линия отрыва — линия отрыва — линия отрыва — линия отрыва —

Сервисная карточка читателя

Без заполненного формуляра недействительна

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

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

619	620	621	622	623	264	625	626	627	628	629	630
631	632	633	634	635	636	637	638	639	640	641	642
643	644	645	646	647	648	649	650	651	652	653	654
655	656	657	658	659	660	661	662	663	664	665	666
667	668	669	670	671	672	673	674	675	676	677	678
679	680	681	682	683	684	685	686	687	688	689	690

Заполняется печатными буквами

Ф. И. О. _____

_____

Должность _____

Тел. (_____) _____

Предприятие _____

Подробный почтовый адрес: _____

_____

_____

«_____» _____ 2006 г.

_____

подпись

Формуляр читателя

Ф. И. О. _____

_____

Должность _____

Тел. (_____) _____

Предприятие _____

Виды деятельности предприятия _____

Выпускаемая продукция/оказываемые услуги _____

_____

Руководитель предприятия (Ф. И. О.) _____

Тел. _____ Факс _____

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

Тел. _____ Факс _____

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

Тел. _____ Факс _____

ТАЛОН-ЗАКАЗ

на специализированную литературу издательства «Экотехнология»

Название книги — Цена (грн.)

Г. И. Лащенко. **Плазменная резка металлов и сплавов.** 2003. — 64 с. 12

Г. И. Лащенко. **Вибрационная обработка сварных конструкций.** 2001. — 56 с. 12

Г. И. Лащенко. **Плазменное упрочнение и напыление.** 2003. — 64 с. 12

В. М. Бернадський, О. С. Осика, Л. О. Симоненко, Л. С. Філоненко. **Російсько-український словник зварювальної термінології. Українсько-російський словник зварювальної термінології.** 2001. — 224 с. 30

В. М. Бернадський, О. К. Маковецька, Л. С. Філоненко, Б. В. Юрлов. **Вчені і фахівці України в галузі зварювання і споріднених технологій.** Довідник. 2002. — 144 с. 18

В. И. Лакомский, М. А. Фридман. **Плазменно-дуговая сварка углеродных материалов с металлами.** 2004. — 196 с. 24

И. А. Рябцев. **Наплавка деталей машин и механизмов.** 2004. — 160 с. 20

В. Я. Кононенко. **Технологии подводной сварки и резки.** 2004. — 136 с. 40

А. А. Кайдалов. **Электронно-лучевая сварка и смежные технологии.** Издание 2-е, переработанное и дополненное. 2004. — 260 с. . . .60

О. С. Осика, Н. Г. Хоменко, Л. С. Філоненко, Л. О. Симоненко. **Англо-український словник зварювальної термінології. Українсько-англійський словник зварювальної термінології.** 2005. — 256 с. 40

В. М. Корж. **Газотермічна обробка матеріалів: Навчальний посібник.** 2005. — 196 с. 40

В. Я. Кононенко. **Газовая сварка и резка.** 2005. — 208 с. 50

С. Т. Римский. **Руководство по технологии механизированной сварки в защитных газах.** 2006. — 60 с. 15

Книги прошу выслать по адресу:

Куда . . . . . .
почтовый индекс
. . . . . .
. . . . . .

Кому . . . . . .

Счет на оплату прошу выслать по факсу:

(. . . . . .) . . . . . .

Реквизиты плательщика НДС:

Св. № . . . . . идент. № . . . . . .

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

. . . . . , ...

Заполните этот талон и вышлите в редакцию журнала «Сварщик» по адресу : **03150 Киев, ул. Горького, 62** или по факсу: **(044) 287–6502.**

Цены на книги указаны без учета НДС и стоимости доставки.

— линия отрыва — линия отрыва — линия отрыва — линия отрыва — линия отрыва — линия отрыва — линия отрыва — линия отрыва — линия отрыва —

Открыта подписка–2006 на журнал «Сварщик»

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

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