

Повышение технологических и эксплуатационных характеристик сварных соединений из конструкционных сталей при сварке в защитных газах

А. Г. Лупачев, В. П. Куликов, С. А. Дерюгин, Могилевский машиностроительный институт

Ирокому внедрению в производство сварки плавлением в среде смесей аргона с другими газами мешает отсутствие в литературных источниках и нормативно-технической документации полных и достоверных сведений об основных характеристиках процесса сварки и показателей его эффективности по сравнению со сваркой в CO_2 . Поэтому в данной работе обращено внимание на выявление технико-экономических преимуществ сварки в смесях на основе аргона по сравнению со сваркой в CO_2 .

При сварке в CO_2 металл соприкасается со смесью газов (CO , O_2 , O), образующейся при диссоциации CO_2 в дуге. Эта смесь является активным окислителем по отношению к наплавленному металлу в зоне плавления. Поэтому при плавлении металл не только теряет активные элементы—раскислители вследствие окислительной газовой среды, но и одновременно насыщается кислородом.

При введении в состав углекислого газа кислорода окислительный состав защитной атмосферы существенно увеличивается, и чрезмерное окисление металла на стадии капли и на стадии ванны дает эффект в виде толстой шлаковой пленки на поверхности капель. В результате приваривания капель к поверхности основного металла практически не наблюдается, а если такое происходит, то они легче отделяются, чем при сварке в углекислом газе. Окислительная способность газовых сред на основе аргона даже при повышенных концентрациях CO_2 (до 40%) и O_2 (до 20%) при температурах сварочной ванны и капли оказывается меньше окислительной способности углекислого газа.

При сварке в CO_2 проволоками любого диаметра выявляются два вида переноса металла: с периодическими замыканиями ду-

Таблица 1. Технологические параметры процесса сварки в защитных газах

Параметр	Диаметр сварочной проволоки, мм							
	1,2		1,6					
	Сила сварочного тока, А							
	170	250	290	340	CO_2	Ar+CO_2	CO_2	Ar+CO_2
Разбрзгивание на деталь, г/ч	215	60	320	25	285	70	105	10
Разбрзгивание на сопло, г/ч	80	20	195	20	120	80	100	5
Площадь проплавления, мм^2	8	9	21	18	24	16	34	30
Глубина проплавления, мм	1,8	1,7	3,4	3,8	3,8	3,8	4,9	5,7
Ширина шва, мм	5,8	7,3	9,8	11,5	10,8	12,1	11	12,2
Усиление шва, мм	2,6	2,7	2,2	2,2	1,9	1,7	2,8	2,5

гового промежутка и переноса без коротких замыканий. При сварке в смеси Ar+CO_2 область режимов сварки с короткими замыканиями дугового промежутка отсутствует. Имеется область сварки с капельным переносом и область сварки со струйным переносом.

Изменение характера переноса при замене защитной среды можно рассматривать как улучшение технологического процесса, тем более что оно сопровождается улучшением характеристик процесса сварки: коэффициентов расплавления, наплавки, разбрзгивания и набрызгивания на основной металл и на сопло, массы переплавленного основного металла, формы провала (табл. 1). При сварке в CO_2 с оптимальными режимами на деталь набрызгивается примерно 1–2 г/(A·ч) брызг. Брызги прихватываются к поверхности свариваемого металла и их с трудом можно удалить металлической щеткой, а 25–30% крупных капель привариваются к металлу рядом со швом. Существенное уменьшение набрызгивания на деталь (как минимум в 3 раза) наблюдается при сварке в среде Ar+CO_2 (см. табл. 1).

Ширина швов, сваренных в Ar+CO_2 , на 9–12% больше, чем при сварке в CO_2 . Соответственно усиление шва на 4–15% меньше. Это указывает на то, что при сварке в Ar+CO_2 устраняется присущий сварке в CO_2 недостаток: чрезмерное усиление шва, особенно при сварке проволокой малого диаметра. При забрызгивании сопла ухудшается состояние газовой защиты. Периодическая очистка сопла сварщиком несколько снижает производительность труда. В табл. 2 приведено расчетное значение времени сварки до зачистки сопла при использовании CO_2 и Ar+CO_2 . Значения времени до забрызгивания и длины шва получены для сопла диаметром 20 мм и скорости сварки 28 м/ч.

Механические характеристики сварного соединения (прочность и пластичность) в период его формирования определяют вероятность получения бездефектного соединения.

Испытания сварных швов на технологическую прочность производили на специальной машине, сконструированной по методике количественной оценки прочности металла шва в процессе кристаллизации, раз-

работанной в МГТУ им. Баумана. В качестве критерия, оценивающего сопротивляемость металла шва образованию трещин, принята максимальная величина и темп нарастающих пластических деформаций. Испытания проводили при наплавке валика на специальные образцы типа 2 по ГОСТ 26389–84.

Критерием стойкости металла шва против кристаллизационных трещин являлась критическая скорость растяжения образцов, выше которой в шве образовывались трещины.

Результаты испытаний свидетельствуют о том, что наименьшей склонностью к образованию горячих трещин обладает металл швов, выполненных в окислительных защитных смесях на основе аргона. Так, начало

Таблица 2. Основные характеристики забрызгивания сопла

Защитная среда	Диаметр электрода	Время забрызгивания, мин	Длина шва, м	Время забрызгивания, мин	Длина шва, м
CO_2	13	6,1	7	3,3	
$\text{Ar}+\text{CO}_2$	22	10,3	12	56	

образования мелких трещин при сварке в смеси аргона с 5% кислорода, аргона с 20% двуокиси углерода и в чистом аргоне составляет соответственно 15,6; 19,5; 14,5 мм/мин для проволоки диаметром 1,2 мм и 15; 17,9; 13 мм/мин для проволоки диаметром 1,6 мм. Начало образования единичных трещин при сварке в CO_2 и смеси с $\text{CO}_2+20\% \text{O}_2$ соответ-

ствует скорости растяжения 11,5–12 мм/мин для проволоки диаметром 1,6 мм; 12,5–12,9 мм/мин — диаметром 1,2 мм.

Неодинаковая стойкость металла швов, выполненных в различных окислительных средах, объясняется отличием в форме профиля основного металла. Например, при сварке в смеси $\text{Ar}+\text{O}_2$ или $\text{Ar}+\text{CO}_2$ на оптимальных режимах сварки по центру шва наблюдается увеличение глубины профиля, т. е. корень шва имеет клиновидную форму, что при сварке в чистом аргоне на этих режимах не наблюдается.

Результаты определения и сопоставления склонности к образованию горячих трещин металла однослоиных швов, выполненных проволоками различного диаметра, показали, что повышение силы тока увеличивает склонность к образованию горячих трещин в связи с повышением доли основного металла в металле шва. Чем меньше доля участия основного металла в металле шва, тем меньше передадут серы из металла в сварной шов. В связи с этим в защитной газовой среде (шве) можно снизить содержание кислорода, что наилучшим образом реализуется в смеси $\text{Ar}+20\% \text{CO}_2$.

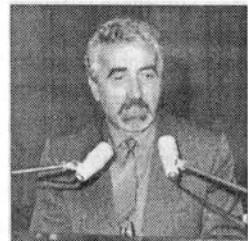
При сварке в газовых смесях на основе аргона существенно повышается ударная вязкость металла шва. Причем чем ниже температура испытаний, тем более положительно оказывается применение смеси $\text{Ar}+\text{CO}_2$. Так, при температуре минус 20 °C $KCV=46$ и 65 Дж/см² соответственно для сварки в CO_2 и $\text{Ar}+\text{CO}_2$, а при температуре минус 40 °C $KCV=25$ и 53 Дж/см².

Основные преимущества сварки в газовой смеси 80% $\text{Ar}+20\% \text{CO}_2$:

- Потери электродного металла, достигающие при сварке в CO_2 80–100 кг на 1 т наплавленного металла, могут быть снижены до 20–30 кг при сварке в смеси $\text{Ar}+\text{CO}_2$. При этом достигается существенная экономия трудозатрат и времени на очистку деталей сварочного оборудования, шва и прилегающей к нему зоны от брызг электродного металла.
- Снижение выгорания кремния и марганца при сварке в смеси $\text{Ar}+\text{CO}_2$ приводит к тому, что высококачественные сварные соединения могут быть получены при сварке проволокой Св-08ГС производства Белорусского металлургического завода, в то время как для сварки ответственных швов в CO_2 необходима проволока Св-08Г2С, не изготавливаемая в РБ.
- Повышение технологической прочности соединений, сваренных в газовых смесях на основе аргона, по сравнению с соединениями, сваренными в CO_2 , приводит к снижению вероятности появления в металле швов мелких трещин, являющихся очагами разрушения при пониженных температурах в условиях динамических и повторно-переменных нагрузок. Это повышает надежность и долговечность сварных конструкций, устраняет опасность аварийных разрушений.
- Применение при сварке смесей инертных газов с активными увеличивает пластические свойства металла сварного шва, резко повышает энергоемкость разрушения при отрицательных температурах. ■

А. М. Сливинскому – 60 лет

В сентябре 1999 г. декану сварочного факультета НТУУ «КПИ», профессору Анатолию Матвеевичу Сливинскому исполнилось 60 лет. Общество сварщиков Украины, редколлегия и редакция журнала «Сварщик» тепло и сердечно поздравляют Вас, Анатолий Матвеевич, с юбилеем!



Вся трудовая деятельность А. М. Сливинского неразрывно связана с НТУУ «Киевский политехнический институт». С момента возрождения сварочного факультета в 1975 г. он постоянно избирается его деканом. Талантливый инженер и педагог, Анатолий Матвеевич подготовил огромную армию инженеров-сварщиков, успешно работающих на предприятиях Украины, России, Беларуси и других стран СНГ.

А. М. Сливинский — вице-президент Общества сварщиков Украины, первый заместитель председателя Украинского аттестационного комитета сварщиков, председатель Методического совета Министерства образования Украины по направлению «Сварка».

Желаем Вам, Анатолий Матвеевич, дальнейших успехов в подготовке современных специалистов для сварочного производства, научного долголетия, здоровья и счастья.

Общество сварщиков Украины
Редколлегия и редакция журнала «Сварщик»

Новые порошковые проволоки малого диаметра для сварки низкоуглеродистых низколегированных сталей в защитных газах

В. Н. Шлепаков, д-р техн. наук, С. П. Гиук, инж., С. М. Наумайко, инж., ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины

За последнее десятилетие наблюдается значительный рост объемов производства и применения порошковой сварочной проволоки в большинстве регионов мира. Сегодня многие в Украине понимают, что необходимо сохранить свой рынок сварочных материалов, подняв уровень показателей до европейских стандартов. Необходимый для этого научный и производственный потенциал в Украине имеется.

Разработка порошковых проволок для сварки особо ответственных соединений ориентировалась на отечественные стандарты. В СНГ решались проблемы получения высокой производительности наплавки; для снижения стоимости использовали шихту из дешевых компонентов; изготавливали порошковые проволоки в основном большого диаметра (2,2–3,0 мм).

В области создания новых видов продукции ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины удалось сохранить позиции на уровне мировых достижений. К числу последних разработок относятся порошковые проволоки малого диаметра ПП-АН59, ПП-АН61, ПП-АН63, ПП-АН69 (ТУУ 05416923.040–98). С их помощью можно производить сварку во всех пространственных положениях. Данные проволоки обеспечивают высокие механические свойства металла шва разных соединений (табл. 1, 2) и обладают отличными сварочно-технологическими свойствами.

Существенное значение имеет выбор оптимальных параметров режима для заданного диаметра проволоки и конкретных условий сварки. Для проволок марок ПП-АН59, ПП-АН61, ПП-АН63, ПП-АН69 режимы сварки приведены в табл. 3. Сварку ведут на постоянном токе обратной полярности. ■

Таблица 1. Механические свойства металла шва при сварке порошковыми проволоками в защитном газе

Марка проволоки (разработчик)	Диаметр, мм	Предел текучести, МПа	Временное сопротивление разрыву, МПа	Относительное удлинение, %	Ударная вязкость, КСВ при температуре, °C
ПП-АН59 (ИЭС им. Е. О. Патона)	1,2	440	500–650	20	-30
ПП-АН61 (ИЭС им. Е. О. Патона)	1,4	440	500–650	20	-40
ПП-АН63 (ИЭС им. Е. О. Патона)	1,6	440	500–650	20	-20
ПП-АН69 (ИЭС им. Е. О. Патона)	2,0	440	500–650	20	-30
91K2-H (Линкольн, США)	1,2; 1,6	540	620–760	17	-18
PZ6103 (ESAB, Швеция)	1,2; 1,4; 1,6	420	510–600	22	-20
PZ6113 (ESAB, Швеция)	1,2; 1,4; 1,6	420	510–590	22	-20
PZ6130 (ESAB, Швеция)	1,6; 2,4	420	510–580	24	-40

Таблица 2. Типичный химический состав наплавленного металла, % по массе

Марка проволоки	Углерод, не более	Марганец	Кремний	Никель	Сера, не более	Фосфор, не более
ПП-АН59	0,12	1,10–1,60	0,35–0,55	0,30–0,70	0,03	0,03
ПП-АН61	0,12	1,10–1,50	0,30–0,50	1,30–1,70	0,03	0,03
ПП-АН63	0,12	1,00–1,50	0,30–0,70	—	0,03	0,03
ПП-АН69	0,12	1,30–1,50	0,30–0,60	—	0,03	0,03
91K2-H	0,060	1,40	0,30	1,80	0,010	0,010
PZ6103	0,03–0,07	1,20–1,60	0,75–1,05	—	0,025	0,025
PZ6113	0,04–0,08	1,00–1,50	0,30–0,70	—	0,025	0,025
PZ6130	0,05–0,09	1,10–1,50	0,35–0,65	—	0,025	0,025

Таблица 3. Режимы сварки для проволок марок ПП-АН59, ПП-АН61, ПП-АН63, ПП-АН69

Диаметр проволоки, мм	Сварочный ток, А	Напряжение дуги, В	Расход углекислого газа, л/мин
1,2	70–150	17–21	4–7
	150–300	21–27	7–12
1,4	80–150	17–22	5–8
	150–300	22–27	8–15
1,6	150–250	20–26	6–12
	250–350	24–30	12–15
2,0	200–350	22–30	12–15
	350–500	28–36	15–20

Что надо знать при выборе флюса для сварки. Часть 2

В. В. Головко, канд. техн. наук, ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины (Киев)

Предприятия Украины все больше втягиваются в мировую производственную интеграцию, в рамках которой выполняют заказы зарубежных фирм на изготовление сварных конструкций и аппаратов. В связи с этим на отечественном рынке появляются предложения от зарубежных производителей сварочных материалов, которые заинтересованы в расширении сферы своих поставок. Обычно сварочные флюсы кроме фирменных марок имеют еще и стандартные обозначения, однако в связи с отсутствием единого стандарта эти обозначения в различных странах формируются по-разному, хотя несут, в принципе, одинаковую информацию. В данной статье рассмотрены основные критерии, на основе которых осуществляют выбор сварочного флюса, и даны расшифровки обозначений флюсов в соответствии со стандартами США, ФРГ и Франции.

Сами флюсы оценивают по двум основным показателям: размеру гранул флюса (или насыпная масса) и склонности флюса при его хранении к гидратации влаги из воздуха. Гранулометрический состав флюса определяет его способность защищать зону горения дуги от воздействия окружающей атмосферы, а также коэффициент расхода флюса. Обычно гранулы имеют размер от 0,3 до 3 мм. Более мелкий флюс применяют при сварке проволоками малых диаметров (менее 3 мм). Если такой флюс насыпать в мерный цилиндр объемом 1 л, то его масса в этом цилиндре будет больше, чем у флюса более крупной грануляции. Флюсы с более высокой насыпной массой лучше защищают зону горения сварочной дуги, однако имеют и более высокий коэффициент расхода, который определяется как масса флюса, расплавившегося при плавлении 1 кг электродной проволоки. Флюсы крупной грануляции более экономичны, но хуже защищают сварочную дугу от воздействия воздуха.

Допустимый уровень содержания влаги во флюсе определяется техническими условиями на флюс и обычно находится в пределах 0,05–0,1%. Этот показатель определяет также защитные свойства флюса. Для сни-

жения содержания влаги во флюсе его подвергают сушке перед сваркой, причем в зависимости от физико-химических свойств флюса температура сушки может быть довольно высокой (до 950 °C). Чем выше содержание влаги во флюсе перед сваркой, тем больше вероятность возникновения пор в металле швов, но чем выше температура сушки, тем выше стоимость сварочных работ.

Остальные свойства сварочных флюсов оценивают в сочетании с электродной проволокой. К ним относятся такие чисто технологические характеристики, как стабильность горения сварочной дуги, формирование металла швов, наличие дефектов на поверхности швов, допустимые плотность тока и скорость сварки, возможность многодуговой сварки. Все эти показатели определяются условиями физико-химического взаимодействия расплавов шлака и металла сварочной ванны, которые в первую очередь зависят от химического состава флюса.

Для классификации флюсов по их химическому составу Международным институтом сварки (МИС) предложена система, приведенная в табл. 1.

Одним из важных показателей оценки сварочно-технологических свойств флюса и механических характеристик металла сварного шва является индекс основности флюса BI (basisity index). Определение BI основано на том, что кислые оксиды ($\text{SiO}_2, \text{TiO}_2$) способствуют снижению межфазного натяжения и интенсификации реакций на границе раздела металл–шлак, в результате которых из шлака в расплавленный металл переходят кислород,

кремний и марганец. Чаще всего этот переход осуществляется в виде оксидов, т. е. в металле шва растет содержание неметаллических включений типа силикатов марганца. Основные оксиды (CaO, MgO и др.) подавляют этот переход за счет увеличения межфазного натяжения на границе металл–шлак. Основность флюса в соответствии с рекомендациями МИС рассчитывают по формуле:

$$BI = \frac{\text{CaO} + \text{MgO} + \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + 0,5(\text{MnO} + \text{FeO})}{\text{SiO}_2 + 0,5(\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2 + \text{ZrO}_2)}$$

Кислые флюсы ($BI < 1,0$) за счет низкого значения межфазного натяжения на границе металл–шлак обеспечивают хорошие сварочно-технологические свойства при сварке как однопроходных, так и многопроходных швов. Однако кремний и марганцевостановительные процессы, характерные для этих флюсов, снижают уровень механических свойств металла сварных швов. Основные флюсы ($BI > 1,5$) подавляют переход кислорода, кремния и марганца в наплавленный металл, но из-за высокого уровня межфазного натяжения на границе металл–шлак обладают худшими, по сравнению с кислыми флюсами, сварочно-технологическими свойствами. Нейтральные флюсы ($1,0 < BI < 1,5$) в зависимости от химического состава обладают сочетанием свойств, характерных для кислых и основных флюсов. В общем виде сочетание этих свойств для флюсов различных типов приведено в табл. 2.

Из данных, приведенных в табл. 2, видно, что для сварки углеродистых и низколегированных сталей с времененным сопротивлением $R_m < 450$ МПа целесообразно использовать

Таблица 1. Классификация флюсов по их химическому составу

Символ	Основные компоненты	Тип флюса
MS	$\text{MnO} + \text{SiO}_2 > 60\%$; $\text{CaO} < 15\%$; $\text{ZrO}_2 < 5\%$	Марганец–силикатный
CS	$\text{CaO} + \text{MgO} + \text{SiO}_2 > 60\%$; $\text{CaO} > 15\%$	Кальций–силикатный
AR	$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2 > 45\%$	Алюминатно–рутиновый
AB	$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{MgO} + \text{CaF}_2 > 55\%$; $\text{Al}_2\text{O}_3 \geq 20\%$; Алюминатно–основной CaF_2 (общее содержание F) $\leq 20\%$	Алюминатно–основной CaF_2 (общее содержание F) $\leq 20\%$
FB	$\text{CaO} + \text{MgO} + \text{MnO} + \text{CaF}_2 > 50\%$; $\text{SiO}_2 \leq 20\%$; Флюоритно–основной CaF_2 (общее содержание F) $\geq 15\%$	Флюоритно–основной
W	Флюсы, состав которых не попадает ни под один из указанных типов	Прочие

Что надо знать при выборе флюса для сварки. Часть 2

флюсы типа MS, CS или AR, которые обеспечивают высокую производительность процесса и отличное формирование металла швов.

При сварке низколегированных сталей повышенной прочности ($R_m > 450$ МПа), к металлу швов и сварных соединений которых

предъявляют требования по обеспечению хладостойкости при температурах ниже минус 20 °C, необходимо использовать нейтральные или слабоосновные флюсы (1,0 > BI < 2,0) типа CS, AR, AB. Для сталей более высокой прочности, при сварке которых могут возникнуть проблемы с образованием холодных трещин, следует использовать высокоосновные флюсы типа AB или FB.

Для того, чтобы правильно выбрать флюс для сварки из тех сварочных материалов, которые предлагают зарубежные фирмы, необходимо рассмотреть правила формирования условного обозначения флюсов, принятые в промышленно развитых странах.

Обозначение сварочных флюсов США в соответствии со стандартом AWS A5.23 строится по схеме 1.

Примеры:

F9P0-EB3-B3 — полное обозначение сочетания флюс–проводка. Предназначено для сварки сталей с пределом прочности до 90 000 футов на кв. дюйм (620–760 МПа). Сварные соединения должны подвергаться термообработке. Металл швов имеет ударную вязкость выше 27 Дж при температурах до 0 °F (-18 °C) при сварке с проволокой сплошного сечения EB3, химический состав металла швов соответствует категории B3.

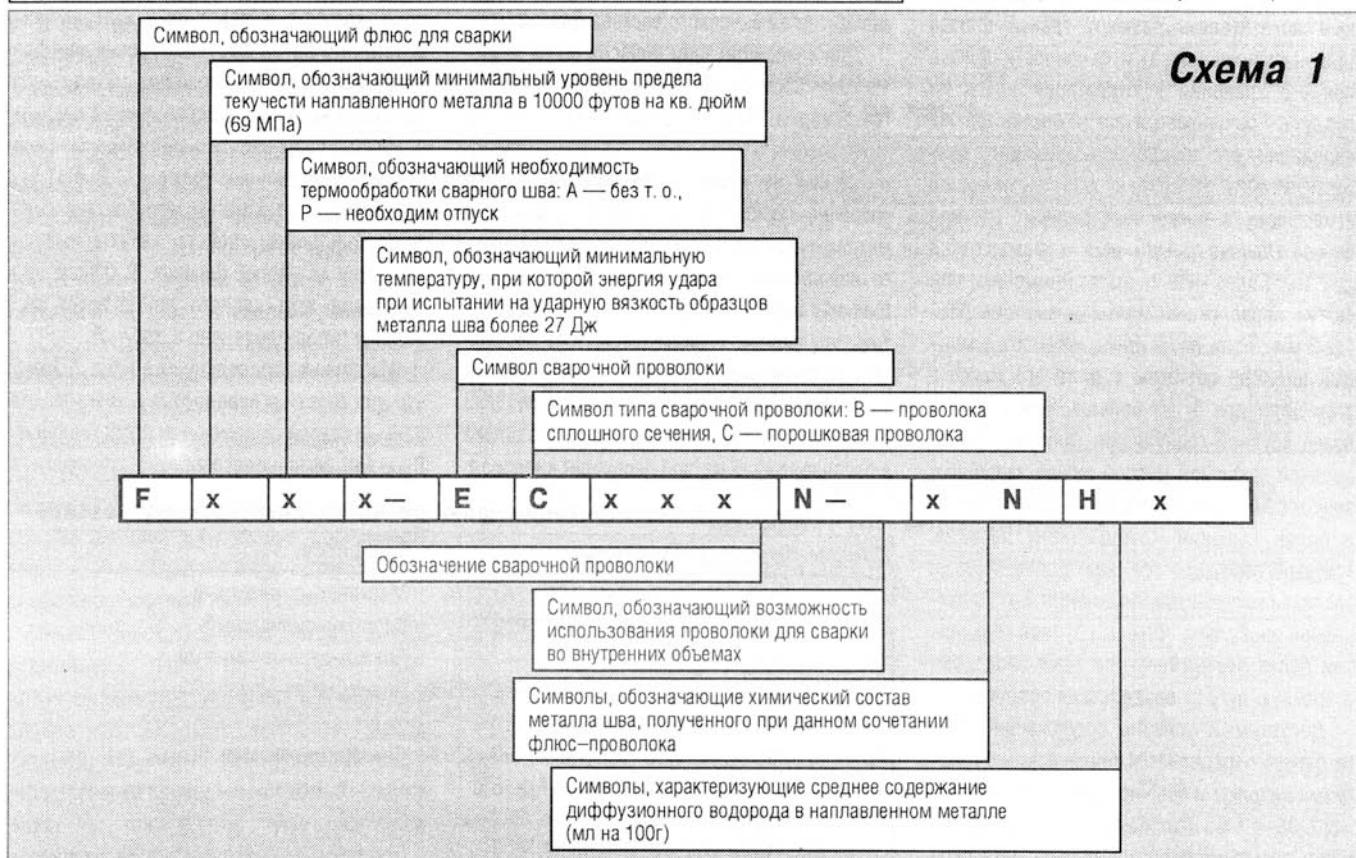
Таблица 2. Сочетание свойств флюсов в зависимости от основности

Свойство	MS	CS	AR	AO	FB
Индекс основности (BI)	≤0,8	0,7–1,2	0,7–1,4	1,0–2,0	≥2,0
Формирование металла шва	+++	++	+++	++	+
Стойкость против образования пор	+	++	+	++	+++
Стойкость против образования трещин	+	+	+	++	+++
Отделимость шлаковой корки	++	++	+++	+++	+
Подавление выделения сварочного аэрозоля	+	+	++	+++	+++
Стабильность горения дуги	++	++	+++	+++	+
Возможность сварки с высокой плотностью тока	+++	+++	++	++	+
Возможность сварки с высокой скоростью	+++	++	+++	++	+
Подавление кремний–восстановительного процесса	+	+	++	++	+++
Подавление перехода кислорода в металл шва	+	+	+	++	+++
Подавление насыщения водородом сварочной ванны	+	+	+	++	+++
Рафинирование сварочной ванны по сере +	+	+	+	++	+++

Примечание. В таблице приняты следующие обозначения:

+ — удовлетворительно; ++ — хорошо; +++ — отлично.

Схема 1



F9A2-ECM1-M1 — полное обозначение сочетания флюс-проводка. Предназначен для сварки сталей с пределом прочности до 620–760 МПа (см. пример 1). Сварные соединения не нуждаются в послесварочной термообработке. Металл швов имеет ударную вязкость выше 27 Дж при температурах до минус 20 °F (−29 °C) при сварке с порошковой проволокой M1, химический состав металла швов соответствует категории M1.

В соответствии со стандартом Франции NFA 81-319 обозначение флюсов строится по схеме 2.

Примеры:

FP/B 34/23 AR1 — полное обозначение флюса для дуговой сварки, керамического по способу производства; максимальный размер гранул 34 меш. (2,00 мм), минимальный — 23 меш. (0,16 мм); относится к флюсам алюминиатно-рутилового типа. Для сварки на постоянном и на переменном токе.

FP/F 30/21 MS2 — полное обозначение флюса для дуговой сварки, плавленого, с размером гранул в пределах от 30 меш. (0,8 мм) до 21 меш. (0,1 мм); относится к флюсам марганец-силикатного типа, предназначен для сварки только на постоянном токе.

В соответствии с немецким стандартом DIN 32522 в обозначении флюса отсутствуют данные о гранулометрическом составе, однако приведены символы, показывающие, для сварки какого класса сталей предназначен данный флюс и какова его металлургическая активность по отношению к кремнию и марганцу. В этом случае обозначение флюса строится по схеме 3.

Примеры:

BFB 165 DC 7 M — полное обозначение керамического флюса флюоритно-основного типа, предназначенного для сварки углеродистых и низколегированных сталей. Обеспечивает увеличение на 0,1–0,3% со-

держания кремния в наплавленном металле по сравнению с его содержанием в сварочной проволоке и сохранение содержания марганца в наплавленном металле на уровне его содержания в сварочной проволоке. Допускается выполнять сварку под этим флюсом только на постоянном токе величиной до 700 А. Может быть использован для многопроходной сварки.

BAR 197 AC 8 SMK — полное обозначение керамического флюса алюминатно-рутинового типа для сварки углеродистых и низколегированных сталей. Обеспечивает увеличение более чем на 0,7% содержания кремния и на 0,3–0,5% марганца в наплавленном металле по сравнению с их содержанием в сварочной проволоке. Предназначен для сварки на переменном и на постоянном токе величиной до 800 А. Может быть использован для сварки на повышенных скоростях, многопроходной сварки и сварки «в угол». ■

F	P/	B	xx/xx	xx	x
Общий символ: F — флюс					
	Специальный символ: Р — флюс для дуговой сварки				
		Символ способа производства: F — плавленый; В — керамический			
			Символ грансостава флюса: max/min размер гранул в мешках		
				Тип флюса (см. табл. 1)	
					Символ условий сварки: 1 — ток переменный или постоянный; 2 — только постоянный ток
			Символ класса флюса: 1 — для сварки углеродистых и низколегированных сталей; 5 — для сварки нержавеющих сталей		
		Тип флюса (см. табл. 1)			
Способ изготовления флюса					
F	FB	x	x	x	x
Символ изменения содержания кремния в наплавленном металле по сравнению со сварочной проволокой: 4 — снижение на 0,1—0,3%; 5 — 0; 6 — увеличение на 0,1—0,3%					
	Символ изменения содержания марганца в наплавленном металле по сравнению со сварочной проволокой: 4 — снижение на 0,1—0,3%; 5 — 0; 6 — увеличение на 0,1—0,3%				
		Символ, определяющий условия сварки: DC—сварка только на постоянном токе; AC—сварка на переменном и на постоянном токе; Максимальная допускаемая величина сварочного тока (A/100)			
			Специальный символ, характеризующий назначение флюса: S — для скоростной сварки; M — для многопроходной сварки; K — для сварки угловых швов		

Схема 3

Финишное плазменное упрочнение инструментов, штампов, пресс-форм, ножей, фильтров, подшипников качения и других деталей машин

П. А. Тополянский, генеральный директор НПФ «ПЛАЗМАЦЕНТР» (С.-Петербург)



Финишное плазменное упрочнение (ФПУ) — один из немногих методов, разработанных в последнее десятилетие, способный многократно повысить долговечность изнашиваемых деталей. Сущность ФПУ состоит в нанесении износостойкого покрытия с одновременным осуществлением процесса повторной плазменной закалки приповерхностного слоя (на глубину нескольких микрометров). Покрытие является продуктом плазмохимических реакций реагентов, прошедших через дуговой плазмотрон. Закалка происходит за счет локального воздействия высококонцентрированной плазменной струи.

Цель ФПУ — изготовление инструмента, штампов, пресс-форм, ножей, фильтров, подшипников и других деталей машин со специальными свойствами поверхности: износостойкостью, антифрикционностью, коррозионной стойкостью, жаростойкостью, разгаростойкостью, антисхватыванием, стойкостью против фrettинг-коррозии.

Эффект от ФПУ достигается за счет изменения физико-механических свойств поверхности слоя: увеличения микротвердости, уменьшения коэффициента трения, создания сжимающих напряжений, заливания микродефектов, образования на поверхности диэлектрического и коррозионностойкого пленочного покрытия с низким коэффициентом теплопроводности, химической инертностью и специфической топографией поверхности.

Оборудование для ФПУ включает в себя переносной блок аппаратуры с жидкостным дозатором и малогабаритный плазмотрон. В качестве источника питания используют сварочный серийный выпрямитель (ВД-201, ВД-306, ВДУ-506 и др.) или установки плазменной сварки и наплавки УПНС-304, плазменной обработки УПО-302, УПВ-301.

Технологический процесс проводится при атмосферном давлении и состоит из операций предварительной очистки (любым известным методом) и непосредственно упрочнения обрабатываемой поверхности путем взаимного перемещения изделия и плазмотрона. Скорость перемещения 1–10 мм/с, расстояние между плазмотроном и изделием 10–15 мм, диаметр пятна упрочнения 12–15 мм, толщина покрытия 2–3 мкм. Температура нагрева деталей не превышает 100–150 °С. Параметры шероховатости поверхности после ФПУ не изменяются. В качестве плазмообразующего газа используют аргон, исходным материалом для прохождения плазмохимических реакций и образования покрытия является жидкий препарат «СЕТОЛ». Его расход не превышает 0,5 г/ч (не более 1 л в год).

Требования безопасности при ФПУ не накладывают ограничений для широкого использования и определяются применением сварочных источников нагрева.

Опыт использования ФПУ на предприятиях С.-Петербурга (ОАО «Электросила», ОАО «Строймаш», ОАО «Сталепрокатный завод», ОАО «НПО им. Коминтерна», ОАО «Царскосельский завод», ОАО «Арсенал», ОАО «Знамя Труда», Кронштадтский морской завод, ОАО «Кермет») показал, что стойкость упрочняемых изделий повышается в 2–10 раз.

По сравнению с ионно-плазменным напылением, лазерным и электроискровым упрочнением, эпиламированием, нанесением кластерных покрытий процесс ФПУ имеет ряд преимуществ. Некоторые из них:

- высокая воспроизводимость и стабильность упрочнения за счет двойного эффекта (от износостойкого покрытия и структурных изменений в тонком приповерхностном слое);

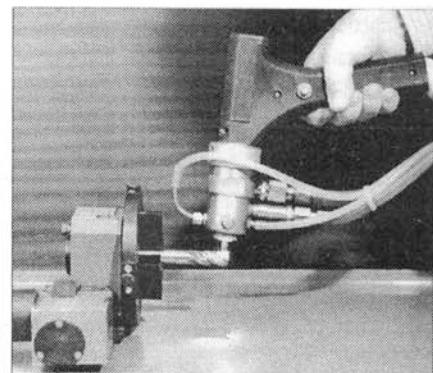


Рис. 1. Ручное финишное плазменное упрочнение фрезы

- возможность проведения процесса упрочнения на воздухе при температуре окружающей среды, что не требует применения вакуумных или других камер и ванн;
- вследствие нанесения тонкопленочного покрытия (толщиной не более 3 мкм), укладывающегося в допуски на размеры деталей, процесс упрочнения используется как окончательная финишная операция;
- отсутствие изменений параметров шероховатости поверхности после процесса упрочнения;
- минимальный нагрев в процессе обработки (не более 100–120 °С) не вызывает деформаций деталей, а также позволяет упрочнить инструментальные стали с низкой температурой отпуска;
- возможность упрочнения локальных (по глубине и площади) объемов деталей в местах износа с сохранением исходных свойств материала в остальном объеме;
- образующиеся на поверхности после ФПУ сжимающие остаточные напряжения при циклической нагрузке повышают устало-

- стную прочность изделия (для сравнения: после операции шлифования возникают растягивающие напряжения, ведущие к снижению усталостной прочности);
- высокая адгезионная прочность сцепления покрытия с основой обеспечивает максимальную сопротивляемость истиранию (в т. ч. при взаимодействии инструмента с обрабатываемым материалом);
 - низкий коэффициент трения способствует подавлению процессов наростиообразования при резании или налипания при штамповке и прессовании;
 - формирование специфического микрорельефа поверхности способствует эффективному его заполнению смазочно-охлаждающей жидкостью при эксплуатации инструмента и деталей машин;
 - образующееся на поверхности тонкопленочное аморфное (стеклообразное) покрытие защищает изделие от воздействия высокой температуры (испытания на воздушную высокотемпературную коррозию в течение 100 ч при температуре 800 °C);
 - высокая производительность упрочнения (время обработки, например, кромок вырубного штампа средних размеров может составлять несколько минут);

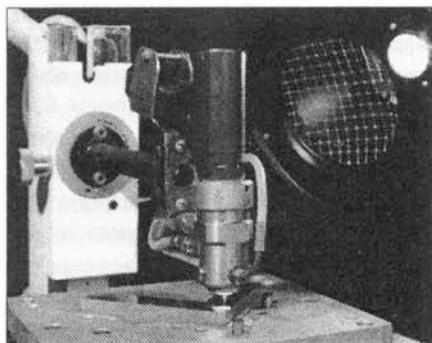


Рис. 2. Автоматическое финишное плазменное упрочнение матрицы вырубного штампа

- простота операций по очистке и обезжириванию перед упрочнением (отсутствие специальной предварительной подготовки);
- возможность упрочнения поверхностей деталей любых габаритов в ручном или автоматическом режимах;
- минимальное потребление и низкая стоимость расходных материалов;
- низкая потребляемая мощность установки для упрочнения (менее 6 кВт);
- незначительная площадь, занимаемая оборудованием ($1-2 \text{ м}^2$);

- малогабаритный плазмотрон для упрочнения (массой около 1 кг) может быть легко закреплен на манипуляторе, в руке робота, обработку можно вести также вручную;
- транспортабельность и маневренность оборудования (масса блока аппаратуры менее 15 кг, источника питания 100–200 кг);
- экологическая чистота процесса в связи с отсутствием отходов при упрочнении;
- минимальный уровень шума, не требующий специальных мер защиты;
- в отличие от методов упрочнения с использованием поверхностно-активных веществ в данной технологии отсутствуют особые требования к помещению, нет контактирования с токсичными материалами, нет затрат времени на выдержку в растворах и сушку обработанных деталей;
- возможность образования профилированных углублений путем обработки поверхности методом ФПУ и образования рабочих зазоров 2–4 мкм (например, для газодинамических подшипников);
- в отличие от избирательного переноса в процессе трения при ФПУ происходит принудительное образование в зоне фрикционного контакта тонкой неокисляющейся аморфной пленки с низким сопротивлением сдвигу, которая не накапливает дислокаций (дефектов) при деформации.

Экономическая эффективность ФПУ штампов, инструмента и других изделий определяется такими показателями: повышением работоспособности и износстойкости деталей, сокращением необходимого их количества для заданной производственной программы, экономией инструментальной стали, уменьшением объема заточных операций, сокращением времени и средств, связанных с настройкой прессов и металлообрабатывающих станков, возможностью интенсификации режимов работы. ■

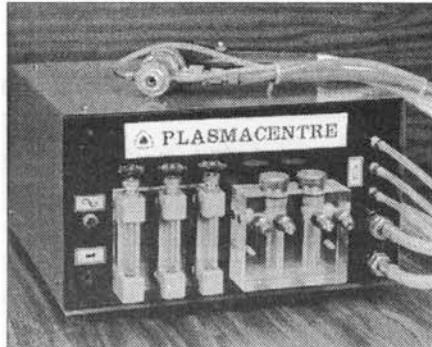


Рис. 3. Установка для финишного плазменного упрочнения

Сварные строительные конструкции

Готовится к изданию третья книга трехтомного справочного издания «Сварные строительные конструкции» под редакцией академика НАН Украины Л. М. Лобанова. В новой книге изложены методы неразрушающего контроля и технической диагностики сварных строительных конструкций, технология сварки железобетонных конструкций и строительных конструкций из полимерных материалов. Особое внимание уделено оптимизации сварных строительных конструкций.

В первом томе «Основы проектирования конструкций» изложены теоретические основы сварки, общие сведения о материалах и рекомендации по их применению для сварных конструкций. Рассмотрены способы сварки, технологии резки проката и оборудование для них, применяемые в строительстве. Освещены современные и перспективные подходы к оценке прочности сварных соединений и узлов при статическом и циклическом нагружениях, особенности их работы и расчета при низких температурах, направления дальнейшего совершенствования норм проектирования.

Вторая книга «Типы конструкций» содержит сведения по проектированию и особенностям изготовления сварных конструкций, применяемых в различных отраслях строительной индустрии. Приведена широкая номенклатура как традиционных типов конструкций — каркасы промышленных зданий, листовые конструкции и трубопроводные системы, пролетные строения автодорожных мостов, сооружения металлургической и горной промышленности, сварные конструкции грузоподъемных механизмов, так и сравнительно новых конструктивных решений — легкие конструкции, решетчатые конструкции из труб, морские стационарные платформы, изготовление и проектирование которых осуществляется в Украине в широких масштабах.

Справочное издание предназначено для научных и инженерно-технических работников, занятых проектированием, изготовлением и монтажом сварных строительных конструкций. Может быть полезно преподавателям вузов, аспирантам и студентам. ■

Новости с завода «Серп и молот»



**В. П. Павлов, засл. металлург РФ,
нач. техн. отдела ОАО «Московский металлургический завод «Серп и молот»**

Опыт производства проволоки на ОАО «Московский металлургический завод «Серп и молот» исчисляется 115 годами. Основа была заложена французским предпринимателем Гужоном, когда на базе построенных им мастерских началось производство проволоки для изготовления гвоздей. По мере развития сталеплавильного и прокатного цехов расширялся сортамент производимой проволоки. Но самым важным событием для сталепроволочного цеха явилось вступление завода в 1931 г. в Объединение «Спецсталь». В короткий срок было освоено производство сварочной проволоки из нержавеющих, жаропрочных и легированных сталей, пружинной легированной проволоки и проволоки из прецизионных сплавов с высоким электрическим сопротивлением. В 60-е годы завод «Серп и молот» был основным поставщиком сварочной проволоки предприятиям судостроительной, аэрокосмической, химической и других отраслей. В это же время был освоен 24-ниточный непрерывно-закалочный травильный агрегат для обработки готовой и передельной проволоки из высоколегированных сталей. У наиболее крупных потребителей появилась возможность получать проволоку на катушках массой до 800 кг.

Дальнейшее совершенствование технологии производства проволоки связано с пуском в 1986 г. установки непрерывной разливки стали (УНРС) радиального типа. Технологические параметры разливки стали приведены в таблице. Выплавку высоколегированных и легированных сталей для производства сварочной проволоки производят в 10-тонных дуговых электропечах традиционным двухшлаковым способом. Перед разливкой стали на УНРС в заготовку сечением 140×140 мм на стенде внепечной

обработки производится продувка аргоном для усреднения химического состава и получения заданного уровня температуры металла. В зависимости от марки разливаемой стали выбирается шлакообразующая смесь, обеспечивающая защиту металла от вторичного окисления и формирование в зазоре между стенками кристаллизатора и корочкой непрерывно-литой заготовки прослойки незатвердевшего шлака. Такой шлак выполняет функцию смазки и улучшает теплоотдачу от поверхности заготовки к стенкам кристаллизатора.

Освоена технология разливки на УНРС 39 нержавеющих и 34 легированных марок сталей для производства проволоки. По аналогичной технологии производится заготовка для изготовления наплавочных лент марок 07Х25Н13, 04Х19Н1М3, 10Х16Н25АМ6, 08Х19Н10Г2Б (ЭИ 898).

Уровень технологии и оборудования позволяет производить нержавеющую проволоку 102 марок для различных отраслей. За последнее время значительно возрос объем поставок легированной сварочной проволоки. Сегодня предприятия газовой и нефтяной отраслей, транспортники, судостроители используют 53 марки стали. Учитывая запросы потребителей по поставке сварочной проволоки с покрытием, в сталепроволочном цехе

завода готовится к пуску агрегат для омеднения или оксидирования ее поверхности.

Морским Регистром Судоходства РФ сертифицирована низколегированная проволока марок 04Н3ГСМТА, 04Н3ГМТА, 04Н2ГТА, 04Н2ГСТА, ЮГНА, 08ГСНТА по ТУ 14-130-282-96 диаметром 1,0–5,0 мм и проволока 08Г2С по ГОСТ 2246-70. В ближайшее время Морским Регистром Судоходства РФ будет выдан сертификат на пять групп марок сварочной проволоки и наплавочной ленты. Среди них 04Х19Н9С2, 08Х19Н9Ф2С2, ЭИ 395, ЭИ 981А, 07Х19Н10Б, ЭИ 898, 07Х25Н13, ЭП 75, 04Х19Н1М3, ЭП 647 и др.

Параллельно завод готовит программу сертификации сварочных материалов для предприятий ракетно-космического комплекса и химического машиностроения. Сертификацию данной продукции будет проводить ЗАО «Композит», ЦНИИЧМ и ТÜV.

Принятая на заводе политика по расширению марочного сортамента проволоки и ленты будет осуществляться совместно с ЦНИИКМ «Прометей», ЦНИИТМАШ, НИИХИММАШ, Институтом электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины. ■

Уважаемые коллеги!

**Завод ждет Ваших предложений
по расширению сотрудничества.**

Таблица. Технологические параметры разливки разных марок сталей

Параметр	04Х19Н1М3, 07Х19Н10Б	04Н3ГМТА, 08Г2С, 08ХМ, 08ГСНТА	18ХМА, 30ХГСА, 30ХФА
Скорость разливки, м/мин	1,4–1,6	1,2–1,4	1,1–1,3
Частота качаний кристаллизатора, мин	28–32	24–28	22–26
Ход качания кристаллизатора, мм	5–10	5–10	5–10
Расход воды на кристаллизатор, л/мин	1600–2100	1800–2200	1800–2200
Расход воды на вторичное охлаждение, л/мин	7–13	7–13	7–13

Создание систем мониторинга неразрушающего контроля и технической диагностики сварных конструкций

А. И. Белокур, «Научно-технологический центр неразрушающего контроля» (Киев)

В современном промышленном производстве, строительстве, энергетике, транспорте и других отраслях неразрушающий контроль и техническая диагностика приобретают все большее значение. Без их широкого применения невозможно создание надежных изделий и сооружений. Украина имеет значительный научный и инженерно-технический потенциал в области дефектоскопии, и одной из главных современных задач является его эффективное использование для развития промышленности страны и вхождения ее в международное содружество.

В мировую практику начали внедрять экспертные системы, которые позволяют обрабатывать большой объем информации о признаках, свойствах, дефектах типа несплошности и других характеристиках материала объекта контроля. При наличии таких систем решают задачи неразрушающего контроля и технической диагностики. Специалисты «Научно-технологического центра неразрушающего контроля», кафедры сварочного производства НТУУ «КПИ», Украинской ассоциации специалистов неразрушающего контроля «ОКО» изучили факторы, влияющие на напряженно-деформированное состояние и усталостную прочность сварных конструкций, а также разработали эффективные методы и оборудование для их определения. Установлены закономерности влияния структурной неоднородности на концентрацию напряжений, прочность, коррозионную стойкость, пластичность, герметичность, износстойкость и т. п. Доказано, что часто причинами разрушений при рабочих напряжениях являются остаточные напряжения, возникающие в процессе сварки вследствие неравномерного распределения температур и возникновения силового воздействия на расширяющийся при нагревании

металл со стороны окружающего более холодного металла. При определенном сочетании неравномерного распределения температур и жесткости объекта, подвергаемого сварке, развивающиеся механические напряжения достигают предела текучести материала, что сопровождается его пластическим деформированием.

На основе долголетнего опыта проведения дефектоскопии сварных соединений и определения напряженно-деформированного состояния сварных конструкций, теоретического обобщения закономерностей концентрации напряжений около дефектов стыковых сварных соединений в зависимости от их расположения в шве и упругих характеристик материала шва и основного металла при различных видах нагружения разработана методология прогнозирования значения коэффициентов концентраций напряжений в вершинах дефектов сварных соединений по результатам неразрушающего контроля. Прогноз является объективным, если использованы количественные признаки оценки дефектов: размер критической трещины, параметр формы дефекта, выраженный через отношение радиуса закругления в вершине дефекта к его высоте, а также построены корреляционные связи между коэффициентом концентрации напряжений и параметрами сигналов, которые выдают приборы неразрушающего контроля. Предложен метод, позволяющий с достаточной для практики точностью определять циклическую долговечность различных элементов конструкций с трещинами, размеры которых определяются по сигналам приборов дефектоскопии. Разработана методика тестового диагностирования изделий при их эксплуатации. Методика тестового диагностирования сварных конструкций включает характеристики объекта диагностирования, форми-

лизованную модель объекта, формализованную модель дефектов, математическую модель системы и алгоритм диагностирования, аппаратурное обеспечение системы. Определение количественных значений показателей, применяемых при оценке технического состояния, осуществляют с помощью комплексной системы контроля, созданной для конкретного объекта диагностирования.

При построении алгоритма функционирования системы технической диагностики конкретной задачи используют в основном детерминированные и логические диагностические признаки. Методологические принципы системы диагностирования заключаются в сборе данных по отказам в процессе эксплуатации, регистрации в технологических картах диагностических параметров в процессе работы объекта диагностирования с заданным режимом нагружения. Эти данные получают с помощью приборов встроенного контроля или во время периодических дефектоскопических обследований; визуально-оптическим контролем и измерениями определяют показатели технического состояния элементов конструкции после вывода ее из технологического цикла. Далее полученную информацию обрабатывают, а затем принимают решения. Идентификацию дефектов и повреждений производят на основании требований нормативной документации.

С переходом на рыночную экономику возникла необходимость в проведении сертификации продукции и систем качества. Одной из функций системы качества на предприятии является неразрушающий контроль (НК) и техническая диагностика (ТД). Для проведения работ по сертификации систем качества и аттестации персонала по НК и ТД на базе Национального технического университета Украины «КПИ», Киевского

Создание систем мониторинга неразрушающего контроля и технической диагностики сварных конструкций

международного университета гражданской авиации был создан «Научно-технологический центр неразрушающего контроля» (НТЦ НК) (Аттестат аккредитации № СА-0003, выданный Государственной авиационной администрацией Министерства транспорта Украины). Центр проводит аттестацию специалистов по НК в соответствии с евро-

пейскими нормами и действующими стандартами, подготовку экспертов-аудиторов по НК и ТД, а также аттестацию специальных технологических процессов, предоставляет услуги на разработку систем качества.

НТЦ НК определены принципы оценки качества и проводятся работы по аккредитации подразделений НК и ТД. Принципы оценки НК и ТД заключаются в проверке:

- нормативно-технической документации по всем видам (методам), которые применяются на предприятии;
- организационной структуры службы контроля;
- степени участия конструкторов и технологов в выборе и назначении методов НК и ТД;
- технологии и средств НК и ее изменений;

- квалификации и полномочий дефектоскопистов;
- метрологического обеспечения средств НК;
- наличия нормативной документации на рабочем месте;
- критериев приемки (отбраковки);
- оформления результатов контроля;
- состояния рабочих мест и участков контроля.

Рассмотренные подходы реализованы в авиационных правилах и успешно применяются при проведении сертификационных работ на предприятиях, выпускающих, эксплуатирующих, обслуживающих и ремонтирующих авиационную технику.

НТЦ НК производит работы по техническому контролю, разрушающие и неразрушающие испытания элементов конструкций авиационной техники. ■

Рентгеновские технические пленки

**Н. Г. Белый, канд. техн. наук, ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины,
А. В. Павлий, инженер, ООО «Диагностические приборы» (Киев)**

В настоящее время для промышленной дефектоскопии производят большое количество различных наименований рентгеновских технических пленок. Как правило, в промышленно развитых странах используют продукцию мировых лидеров в области производства фотоматериалов, а также продукцию в общей сложности около десятка относительно небольших заводов, в той или иной степени перенявших технологии производства фотоматериалов у крупных химических компаний (АГФА, КОДАК, ДЮПОН). По различным оценкам, в мире от 60 до 90% всех объемов рентгено- и гамма-дефектоскопии выполняют с использованием пленок АГФА и КОДАК.

В Украине имеется свой производитель фототехнических материалов, в том числе и рентгеновской технической пленки — Шосткинский завод «СВЕМА». До недавнего времени украинские потребители работали только с продукцией этого завода. В настоящее время появилась возможность широкого использования рентгеновских пленок производства АГФА (Мортсель, Бельгия), ФОМА (Градец-Кралове, Чехия), КОДАК (Шалон, Франция).

Уровень производства на заводах данных компаний весьма высок, а производственный процесс сертифицирован на соответствие стандартам ISO 9000.

Традиционная технология предусматривает использование чувствительного слоя из бромистого серебра и йодистого серебра. Качество изображения, равно как и качество самих пленок, напрямую зависит от степени равномерности нанесения светочувствительного слоя, а также от идентичности размеров частиц бромистого серебра.

Стандартная технология у АГФА называется «Cubic-Grain+» (кубический грану-

лят +). По утверждению изготовителя, она обеспечивает очень низкое отклонение размеров зерна в сочетании с его кубической формой и дает одинаковую плотность проявленных снимков даже при разных условиях съемки, гарантируя высокий уровень контрастности.

Для изготовления пленок фирмы КОДАК используют так называемую T-GRAIN технологию, кристаллы Т-образной или цилиндрической формы. Эти кристаллы можно назвать плоскими. Большая площадь поверхности и малая толщина позволяют, по данным изготовителя, сделать эмульсию

Таблица 1. Соответствие некоторых типов рентгеновских пленок

Класс по DIN54111	Класс по EN584-1	Класс по ASTM	АГФА-ГЕВАРТ	КОДАК	ФУДЖИ	ФОМА
G1	C2	I	D3	M	IX50	-
G2	C3	I	D4	MX125	IX80	R4
G2	C4	I	D5	T200	IX100*	R5
G3	C5	II	D7	AA400	IX100**	R7
G3***	C6	III	D8 (FD8,F8)	CX	IX400	R8***

* При обработке пленки в проявителе ФУДЖИ.
 ** При обработке пленки в проявителе G128.
 *** Пленки, указанные в этой строке, можно использовать с флуоресцентными и RCF экранами, за исключением R8.

более гомогенной и эффективной. Это дает возможность уменьшить толщину слоя, а также время обработки. По данной технологии анонсировали выпуск пленок MX-125, T-200, AA-400.

В табл. 1 приведено соответствие некоторых типов рентгеновских пленок различных производителей. Типы пленок, поставляемых на рынок, приведены в табл. 2.

При использовании импульсных аппаратов часто сталкиваются с проблемой ограничения возможности просвечивания больших по толщине объектов (от 20 мм и более). Специально для таких задач, где требуется минимизация времени экспозиции или нужно просветить стенку большой толщины, рекомендуют использовать флуорометаллические экраны с пленками CX, FD8P, IX400.

Использование экранов типа RCF (изготовлены из соединения кальция, вольфрама и свинца) и NDT-1200 (фирма АГФА) с применением соединений фосфора, кальция и вольфрама позволяет уменьшить время экспозиции при прочих равных условиях не менее чем в 5-10 раз.

В табл. 3 приведены области применения некоторых типов пленок. ■

Таблица 2. Типы упаковок пленок

АГФА-ГЕВАРТ	КОДАК	ФУДЖИ	ФОМА	Краткое описание
NIF	NIF	NIF	-	Non-interleaved film – наиболее дешевый тип упаковки – листы не переложены бумагой
FW	INT	IF	IF	Interleaved film – листы переложены бумагой
Pb	Pb CPK	EP/PB	Pb	Вакуумная герметичная упаковка +
Vacupac			Fomatrap	свинцовые экраны толщиной 25 или 27 мкм
BLR	NIF Roll	Roll-Pak	-	Пленка в рулоне без экранов
Pb rollpac	Leadpacroll	-	-	Пленка в рулоне с экранами

Таблица 3. Использование рентгеновских пленок в различных отраслях промышленности

КОДАК	АГФА	ФУДЖИ	ФОМА	Применение
M	D3	IX50	-	Электронные приборы, композиты, авиационная промышленность, литье, сварные швы, ядерная промышленность, многопленочные технологии
MX125	D4	IX80	R4	То же
T200	D5	IX100	R5	Сварные швы, литье, судостроение, авиационная промышленность, многопленочные технологии
AA 400	D7	IX 100	R7	Сварка и литье (толстый материал), авиационная промышленность, многопленочные технологии, композиты
CX	FD8	IX150 IX400	R8	Литье (толстый стальной материал), железобетон, многопленочные технологии

Технология ремонта машин, механизмов и оборудования (РЕМОНТ-99)

7-я Международная конференция 25–27 мая 1999 г. (Алушта)

Наблюдаемый в последние годы спад промышленного производства в СНГ обусловил повышенный интерес к развитию ремонтно-восстановительных работ различного промышленного оборудования, механизмов и машин. В связи с этим тематика конференции, проводимой Ассоциацией технологов-машиностроителей Украины при содействии и поддержке Минпромполитики Украины, ведущих академических и отраслевых институтов, а также вузов Украины, представляется весьма актуальной. В работе конференции приняли участие научные организации и промышленные предприятия Украины, России, Беларуси, Молдовы, Узбекистана, Польши, Болгарии. Было представлено около 170 докладов и сообщений по следующим основным направлениям:

- опыт и организация ремонта машин и механизмов; модернизация изделий при капитальном ремонте;
- упрочняющие технологии: поверхностно-пластическим деформированием; терми-

ческими и другими физико-техническими методами; наплавкой, напылением, сваркой, пайкой; нанесением износостойких покрытий и пр.;

- механическая обработка упрочненных и восстановленных деталей;
- качество, надежность и долговечность восстановленных деталей;
- экология ремонтно-восстановительных работ.

Ниже дан краткий обзор некоторых докладов и сообщений, сделанных на конференции.

В Запорожском техническом университете разработана электрошлаковая технология получения комбинированных наковален из стали 20 с рабочим слоем 20–25 мм из стали 40Х для газоочистных установок промышленных предприятий и тепловых станций. Эта технология позволяет заменить клепанное соединение на сварное, сэкономить 20% металла и поднять коэффициент использования металла практически в два раза.

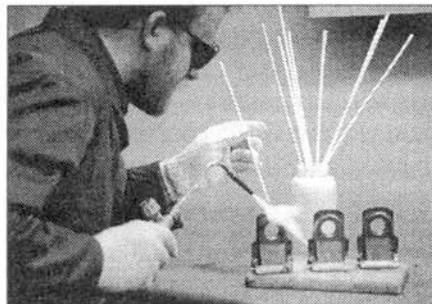
Для ремонта и восстановления роторов турбомашин АО «НИКМАС» (Сумы) распола-

гает такими передовыми технологиями, как высокотемпературная вакуумная пайка для широкого класса сталей и сплавов, нанесение износо- и коррозионностойких гальванических покрытий, наплавка специальными материалами, различные методы улучшения поверхностей и другие способы модернизации деталей роторов.

В ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины разработаны процессы получения карбидованадиевых и карбидохромовых покрытий на работающих в условиях трения и изнашивания изделиях из стали и чугуна в расплавах солей с рабочей температурой 800–1200 °C и временем выдержки 0,5–3 ч. Технология позволяет совмещать безокислительный нагрев под закалку с процессами карбиообразования. Толщина покрытий 5–40 мкм, микротвердость карбидованадиевых покрытий до 28 ГPa. Технология экологически чистая.

(Окончание на стр. 24)

НОВОСТИ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ



ФЛЮС ДЛЯ ПАЙКИ МЕДИ И ЕЕ СПЛАВОВ

Среднетемпературный флюс предназначен для пайки меди, ее сплавов и сталей припоями на основе меди и ее сплавов, никеля и др., а также серебросодержащими припоями. Флюс универсален:

- не гигроскопичен;
- не ограничен сроком хранения;
- прекрасно очищает подготовленные под пайку поверхности, чем повышает смачиваемость, растекаемость и заполнение зазоров припоями;
- продуктов флюсования после пайки остается незначительное количество и располагаются они, в основном, по периметру паяного шва; хорошо смываются декапирующими (травяющими) растворами;
- рабочая температура 450–700 °C.

Флюс может быть использован в виде:

- флюсующего покрытия на прутки припоя;
- наполнителя в порошковых проволоках;
- порошка;
- пасты.

Применение прутков припоя с флюсующей обмазкой и порошковых проволок позволяет:

- повысить качество паяных соединений и производительность труда за счет сокращения времени разогрева прутка и подачи флюса в место пайки;
- дозировать припой в соотношении с флюсом;
- повысить культуру производства и оздоровить окружающую среду, так как компоненты флюса не распыляются;
- экономить химикаты;
- заменить серебросодержащие припой на бессеребряные.

Производство флюса и прутков с флюсующей обмазкой безотходное.

Флюс и его производные можно применять в любой отрасли народного хозяйства.

Разработчик: АО «АВТОВАЗ» УЛИР.

РЕГУЛЯТОР ЦИКЛА СВАРКИ РВК-100М ДЛЯ КОНТАКТНЫХ МАШИН

В ИЭС им. Е. О. Патона разработан новый компьютерный регулятор РВК-100М, предназначенный для контроля и управления процессом, контроля качества соединений, технического состояния оборудования для точечной, шовной и рельефной сварки.

В базовом варианте регулятор выполняет следующие функции:

- задание длительности операций цикла сварки — предварительное сжатие, сжатие, сварка 1, пауза, сварка 2, проковка, пауза в пределах от 0 до 99 периодов;
- задание эффективного значения сварочного тока в килоамперах;
- модуляцию тока (нарастание и спад);
- стабилизацию сварочного тока по цепи обратной связи или компенсацию колебаний напряжения сети;
- измерение и допусковый контроль сварочного тока и напряжения между электродами;
- автоматическую подстройку регулировочной характеристики регулятора по величине $\cos \phi$;
- управление двумя электропневмоклапанами и одним тиристорным контактором или тремя тиристорными контакторами, подключенными к одному линейному напряжению;
- индикацию заданных и измеренных значений параметров на жидкокристаллическом дисплее;
- хранение в памяти до 16 режимов сварки при отключении электропитания.

Электрическая схема регулятора и программное обеспечение позволяют достаточно просто настраивать его по индивидуальным требованиям заказчика. При этом система может дополнительно:

- отрабатывать более сложные циклограммы сварки, в частности, многоимпульсный нагрев с модуляцией;
- обеспечивать контроль качества каждой сварной точки по регрессионным математическим моделям или нейронным сетям;
- регулировать процесс сварки с учетом взаимного влияния на качество сварки различных возмущений на основе алгоритма нечеткой логики;
- измерять автоматически силу сварочного тока при износе электродов;

- контролировать техническое состояние сварочного оборудования;
- подключать с помощью восьми дискретных линий ввода/вывода регулятор к другим системам управления, датчикам или управляющим устройствам.

Наличие последовательного канала связи дает возможность организовать локальную управляющую сеть из нескольких регуляторов или построить систему контроля процесса сварки с выдачей данных о ходе сварочного процесса и качестве сварных швов на персональный компьютер.

Электрическая схема регулятора вместе с источником питания (без трансформатора) и пультом размещена на одной плате. Пульт оператора может быть вынесен отдельно.

Техническая характеристика регулятора:	
Напряжение питания, В	380
Потребляемая мощность, Вт	20
Число управляемых электропневмоклапанов...	2
Число управляемых тиристорных контакторов	До 3
Приведенная погрешность измерения сварочного тока и напряжения между электродами, %, не более	3
Приведенная погрешность стабилизации сварочного тока, %, не более	3
Приведенная погрешность компенсации колебания напряжения сети в диапазоне +10...-20В, %, не более	3
Число программируемых операций цикла...	До 16
Последовательный канал связи RS-232	1

**Н. В. Подола, В. С. Гавриш,
П. М. Руденко, канд. техн. наук,
ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины.**

КОНДЕНСАТОРНАЯ СВАРКА МЕТАЛЛОКЕРАМИКИ СО СТАЛЬЮ

В автомобильной промышленности все шире применяют детали, изготовленные методом прессования из металлических порошковых материалов: детали амортизатора, поршневые кольца, шестерни, зубчатые шкивы, ступицы и т. д. Большую актуальность приобретает вопрос соединения металлокерамических изделий со стальными деталями. Наиболее оптимальным методом получения неразъемного соединения является контактная конденсаторная сварка, поскольку она является экономически целесо-

образным, экологически чистым и высоко-производительным процессом. Из-за разности плотностей стали и металлокерамики добиться качественного литого ядра при сварке до настоящего времени не представлялось возможным.

В мае 1996 г. в ОАО «ДААЗ» (Димитровград) введена в эксплуатацию установка сварки узла «шкив распределительного вала двигателя автомобиля с диском в сборе». Шкив изготовлен прессованием из порошка ПЖР2, имеющего химический состав, %:

<i>углерод</i>	<i>0,02</i>
<i>кремний</i>	<i>0,05</i>
<i>марганец</i>	<i>0,15</i>
<i>сера</i>	<i>0,02</i>
<i>фосфор</i>	<i>0,02</i>
<i>остальное</i>	<i>железо</i>

Плотность материала после спекания и калибрования 6,4–6,8 г/см³, пористость 15–18%, величина пор до 0,4 мм. Диск отштампован из стальной ленты толщиной 0,8 мм, марка материала 08kp. Деталь оцинкована, толщина покрытия 0,06 мм.

Сварочная установка конденсаторного типа имеет систему контроля качества сварки, программное управление, поворотный стол и разгрузочное устройство. Установка изготовлена по заказу АО «ДААЗ» германской фирмой «Шлеммер».

Отличие данной установки от обычных конденсаторных сварочных машин заключается в диапазоне регулировки режимов сварки, позволяющем использовать высокие токи 50–500 кА за время сварки 0,02–0,04 с, а также в программном управлении, имеющем большой выбор функций: изображение процесса на дисплее, контроль сварочного тока, запись кривой тока, замер хода электрода, сообщение об ошибках в работе сварочной машины, контроль давления, контроль свариваемых деталей на соблюдение допусков размеров, влияющих на сварку. Из-за исключительно короткого времени сварки энергия концентрируется в зоне сварки, сами детали остаются почти без деформации, отсутствует коробление тонкостенного диска, достигается высокая точность узла (смещение диска относительно шкива не превышает 0,2 мм).

В. И. Топорков, инженер,
ОАО «ДААЗ» (Димитровград).

УСТАНОВКИ ДЛЯ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ СВАРКИ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В настоящее время все большее применение в легкой промышленности находят ткани с синтетическими волокнами. Они имеют красивый внешний вид, хорошо стираются, обладают повышенной прочностью и устойчивостью к воздействию солнечных лучей. По прогнозам, доля текстиля, содержащего синтетические волокна, будет продолжать расти. Однако использование новых синтетических материалов в швейной промышленности связано с рядом проблем. При прошиве изделий на высокой скорости игла швейных машин нагревается до 300–400 °С. Поскольку химические волокна имеют температуру плавления до 250 °С, то при их соприкосновении с разогретой иглой происходит расплавление нитей, что приводит к обрыву игольной нити и повышению жесткости и хрупкости шва. В результате снижается скорость прошивки, ухудшается качество готового изделия.

Пошив синтетических материалов требует применения швейных ниток того же химического состава, что и материал, иначе появляется морщинистость швов в процессе пошивки или после стирки либо чистки.

ООО «МЭТА» созданы новые машины с использованием ультразвуковой сварки для безниточного соединения деталей одежды.

Отличительной чертой ультразвуковой сварки является:

- соединение материала по поверхностям;
- локальное выделение теплоты;
- соединение материалов с узким интервалом полимеризации.

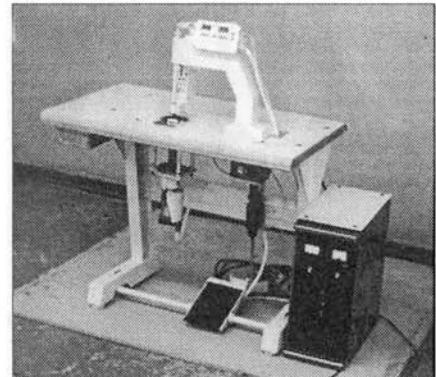
Сварочная ультразвуковая машина МСУ-1 предназначена для выполнения петель и закрепок на изделиях из тканей или трикотажных полотен, содержащих не менее 60% синтетических волокон (нейлон, полизиэтилен, полипропилен, полизстер). С помощью МСУ-1 можно:

- выполнять обметочные петли на мужских рубашках, рюкзаках и т. д.;
- сваривать фабричные и размерные марки;
- резать тесьму и оплавлять края ткани.

Технические характеристики МСУ-1 и МСУ-2:

МСУ-1 МСУ-2

<i>Напряжение, В</i>	<i>220</i>	<i>220</i>
<i>Максимальная площадь сварки за один цикл, мм²</i>	<i>320</i>	—



Машина сварочная ультразвуковая МСУ-2

Максимальная толщина свариваемых материалов под давлением

15 МПа, мм 4 2

Время сварки, с 0,1–9,9 —

Скорость сварки, м/мин, не более 13,5

Сварные петли и закрепки, выполненные на машине МСУ-1, выдерживают усилие на разрыв не менее 24 Н/см² для всех видов полиамидных полотен за исключением крученых полотен (не менее 12 Н/см²).

Машиной МСУ-2 (рисунок), предназначенной для швейной сварки листовых материалов (нейлон, полизиэтилен, полизстер), можно:

- сваривать герметичные швы шириной до 38 мм при изготовлении палаток, автомобильных тентов, зонтов и т. д.;
- выполнять декоративные тиснения в галантерейной и обувной промышленности.

МСУ дает возможность качественно изменить технический уровень существующих технологий в легкой промышленности. С помощью ультразвука можно заменить способ декорирования одежды термопечатанием, который неприемлем для текстильных поликарбонитрильных и полипропиленовых материалов.

Применение машин МСУ-1 на швейной фабрике «Космос» (Москва) позволило:

- улучшить качество выполнения операции «заготовка–манжет» за счет исключения посадки и прорубки швейной иглой материала на линии шва;
- исключить из технологического процесса швейные нитки и связанную с этим необходимость заправки, перезаправки, устранения обрыва нити;
- повысить производительность труда на 26%.

A. В. Мартыненко, ООО «МЭТА»
(Орша, Беларусь)

НАШИ КОНСУЛЬТАЦИИ

В каждом номере журнала на вопросы читателей будут давать ответы специалисты в области сварочного производства, охраны труда и техники безопасности, стандартизации и сертификации, промышленной экологии Украины. 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: 252150 Киев, а/я 52 или позвонить по телефону (044) 261-0839.

Умельцы сваривают чугун материалами, предназначенными для сварки сталей. Тогда зачем использовать дорогостоящие специализированные электроды для сварки чугуна?

А. Харитонов, Кривой Рог

Сварка чугуна электродами для сталей — наиболее доступный способ сварки. Однако в большинстве случаев он дает очень низкое качество сварного соединения и, как правило, сиюминутную выгоду. Почему столь доступный метод не приветствуются специалистами, очевидно из приведенных ниже фактов.

При сварке стальными электродами вследствие проплавления чугуна содержание

углерода в металле шва очень велико (1,1–1,8%). Это способствует образованию в шве трещин. Быстрое охлаждение, имеющее место при холодной сварке, приводит к значительному повышению твердости наплавленного металла и металла зоны термического влияния, где чугун приобретает структуру белого чугуна, характеризующуюся высокой твердостью и хрупкостью. Места сварки, выполненные стальными электродами, не поддаются обработке режущим инструментом. В металле шва зачастую появляются поры из-за повышенного содержания газов в чугуне. Образование трещин и пор значительно снижает прочность и плотность сварного соединения.

Для улучшения качества сварного соединения применяют электроды малого диаметра и пониженную силу тока, чтобы уменьшить тепловое воздействие дуги на чугун. Сварку ведут короткими участками, вразброс, стараясь как можно меньше проплавлять чугун. С целью усиления связи наплавленного металла с чугуном при сварке деталей, требующих достаточной прочности сварных соединений, применяют стальные шпильки (ввертыши). Шпильки ввертывают в тело свариваемой детали. Выступающую часть шпилек обваривают по периметру, а затем сваривают со всей массой наплавленного металла.

В связи с тем, что прочность металла, наплавленного стальными электродами, примерно в два раза выше прочности чугуна, толщина наплавленного металла должна составлять примерно 50% от толщины стенки детали в месте сварки. Излишнее количество наплавленного металла нежелательно, так как при этом увеличиваются усадочные напряжения и появляется опасность образования трещин.

Наилучшие результаты получают при использовании электродов марки УОНИ-13/55. Чрезмерный нагрев детали при сварке приводит к образованию трещин в зоне термического влияния. Поэтому при сварке не следует допускать нагрев свариваемой детали выше 40–50 °C на расстоянии 100 мм от шва.

Процесс сварки начинается с обварки шпилек колышевыми швами. Обварка должна вестись вразброс с целью избежания сильного местного перегрева детали. После обварки всех шпилек накладывают колышевые

швы, пока вся поверхность завариваемого участка не будет покрыта слоем наплавленного металла. Крайние ряды шпилек обваривают лишь после того, как весь участок будет полностью заварен. Для обварки шпилек и нанесения облицовочного слоя следует применять электроды малого диаметра (3–3,5 мм), для окончательной заварки трещины можно использовать электроды диаметром от 4 до 6 мм.

А теперь, если оценить необходимые трудозатраты по подготовке к сварке и низкую вероятность получения качественного соединения, станет очевидным тот факт, что следует выбирать более дорогие, но более эффективные сварочные электроды, например, на железно-никелевой или чисто никелевой основе.

Объясните, пожалуйста, сущность проковки металла шва. Каковы возможности и полезность этого технологического приема?

Н. Кудря, Решетиловка

Сварочные напряжения, возникающие в конструкции в результате нагрева, могут быть сняты почти полностью, если в шве и зоне термического влияния создать дополнительные пластические деформации. Этого можно достичь проковкой швов. Проковку проводят в процессе остывания металла при температурах 450 °C и выше либо от 150 °C и ниже. В интервале температур 400–200 °C в связи с пониженной пластичностью металла при его проковке возможно образование надрывов. Специальный нагрев сварного соединения для выполнения проковки, как правило, не требуется. Удары наносят вручную молотком массой 0,6–1,2 кг с закругленным бойком или пневматическим молотком с небольшим усилием до изменения рисунка шва. При многослойной сварке проковывают каждый слой, за исключением первого, в котором от удара могут возникнуть трещины, и облицовочного. Этот прием весьма эффективен для снятия напряжений при заварке трещин и замыкающих швов в жестких контурах деталей и узлов из конструкционных сталей и чугуна.

Проковка сварного соединения способствует также повышению усталостной прочности конструкции.

В вашем журнале № 1 за 1999 г. в статье О. Г. Левченко и В. А. Метлицкого «Требования безопасности при газовой сварке и резке» указано, что ацетилен взрывается при содержании его в смеси с воздухом от 2,8 до 66%. Практически во всех справочниках (БСЭ; В. С. Черняк и др., Справочник по газовой резке, сварке и пайке. — К.: Техника, 1989) эти пределы несколько иные — от 2,3 до 80,7%. И, пожалуй, только в книге К. К. Хренова «Сварка, резка и пайка металлов» (М.: Машиностроение, 1973. С. 186) пределы взрываемости совпадают с отмеченными в статье. Прошу Вас уточнить этот важный параметр с указанием современного источника.

А. В. Ашукин, преподаватель, Харьковский профессиональный колледж

Обзор литературы показал, что пределы взрываемости ацетилена в смеси с воздухом весьма широки и различны в разных литературных источниках: нижний — 1,5–2,8%, верхний — 66–82%. По-видимому, такие различия объясняются разными условиями и методиками проведения довольно опасных экспериментов по определению содержания ацетилена в воздухе, при котором он взрывается, различными температурой и влажностью смеси, концентрацией примесей в ацетилене, низкой точностью методов определения состава ацетилено–воздушной смеси (погрешность может составлять до 25%) и многими другими факторами. В нашей статье использованы данные известных специалистов в области сварки и охраны труда, которые не вызывают особых сомнений в их достоверности. Эти данные приведены не только в книге К. К. Хренова «Сварка, резка и пайка металлов», но и во многих других публикациях по сварке и охране труда. Например, М. М. Зиньковский «Техника безопасности и производственная санитария» (М.: Металлургия, 1984. С. 232), Ю. И. Некрасов «Справочник молодого газосварщика и газорезчика» (М.: Высшая

школа, 1984. С. 168). Поэтому с практической точки зрения в целях повышения безопасности условий труда газосварщиков следует руководствоваться наиболее низким нижним пределом (1,5%) и наиболее высоким верхним пределом (82%) взрываемости ацетилена с воздухом.

Можно ли сварочный полуавтомат ПДГ-508 использовать в комплекте с выпрямителем ВС-632?

В. И. Медовар, Запорожье

Для совместного применения полуавтомата ПДГ-508 и выпрямителя ВС-632 требуется незначительная доработка принципиальной электрической схемы (см. «Паспорт. Полуавтомат сварочный типа ПДГ-508У3, ИДЮН683.182.019ПС» и «Руководство по эксплуатации. Выпрямитель сварочный ВС-632У3»). Она заключается в соединении двужильным кабелем сечением до 0,75 мм² клемм X6/5 и X6/6 разъема X6 на полуавтомате с клеммами X1-1 и X1-6 на разъеме X1 выпрямителя. В результате такого подсоединения при нажатии кнопки S3, расположенной на шланговом держателе полуавтомата ПДГ-508, сработает промежуточное реле K2 на выпрямителе ВС-632, что приведет его в рабочее состояние. Необходимое рабочее напряжение устанавливают переключателями S3...S5, расположенными на передней панели выпрямителя. Настройку других параметров режима сварки осуществляют в обычном порядке в соответствии с правилами эксплуатации полуавтомата ПДГ-508.

Можно ли использовать электроды, которые больше года хранились в неотапливаемом помещении, для сварки конструкций из углеродистых, низколегированных и высоколегированных сталей, в том числе конструкций, подведомственных Госнадзору охранрудра. Какими нормативными документами регламентируются условия и сроки хранения покрытых электродов?

Н. М. Мельничук, Бердичев

Согласно требованиям ГОСТ 9466, электроды покрытые металлические для ручной

дуговой сварки должны храниться в сухих отапливаемых помещениях при температуре не ниже плюс 15 °C в условиях, предохраняющих их от загрязнения, увлажнения и механических повреждений. При соблюдении таких условий срок хранения электродов не регламентирован.

В ряде отраслевых нормативных документов на сварочные электроды, предназначенные для сварки особо ответственных конструкций, установлен предельный срок хранения — не более 6 месяцев. Ограничение срока хранения распространяется, прежде всего, на электроды с покрытием основного (фтористокальцевого) вида.

Возможность использования электродов, хранившихся длительное время в неотапливаемых помещениях, зависит от многих факторов: конкретных условий хранения (температура, влажность), вида упаковки, марки электрода, вида покрытия, назначения и области применения электродов. Решение о целесообразности использования электродов принимается после тщательного визуального осмотра электродного покрытия и проведения испытаний в объеме требований ГОСТ 9466. Если в результате длительного хранения оголенные участки стержня имеют следы ржавчины, на покрытии заметны белые пятна, покрытие легко (или самопроизвольно) разрушается, то такие электроды не пригодны к использованию.

При отсутствии заметных изменений поверхности покрытия и электродного стержня следует провести комплексные испытания, включающие оценку сварочно-технологических свойств и определение механических свойств металла шва. Перед испытанием электроды подвергают термообработке на режимах, указанных в технических условиях на соответствующую марку или на этикетке к упаковке данных электродов.

Результаты испытаний должны быть оформлены в виде акта повторных испытаний.

Электроды, выдержавшие все испытания, могут быть использованы для сварки ответственных конструкций, в том числе подведомственных Госнадзора охранрудра. ■

**На вопросы отвечал
канд. техн. наук Ю. В. Демченко**

Все о восстановлении деталей машин наплавкой

5. Методы легирования наплавленного металла

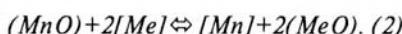
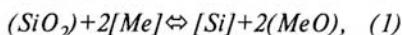
В настоящее время из-за сложного экономического состояния предприятия не приобретают новую технику в достаточном количестве, а ремонтируют и используют старую. При этом для восстановления и упрочнения деталей машин и механизмов в больших объемах используется наплавка. Учитывая потребности производства в квалифицированных знаниях по наплавочным работам, журнал продолжает публикацию серии статей по наплавке канд. техн. наук И. А. Рябцева.

В отличие от сварки, при которой металл сварного шва по химическому составу, как правило, близок основному металлу, при наплавке наплавленный металл по составу и свойствам в большинстве случаев существенно отличается от основного металла.

Наибольший эффект наплавка дает в случае применения высоколегированных сталей и сплавов только для рабочего слоя детали, при этом сама деталь для существенного снижения стоимости может быть изготовлена из нелегированной малоуглеродистой конструкционной стали. Легировать наплавленный металл можно различными способами, причем в зависимости от метода наплавки легирование производят одним или несколькими способами. При выборе метода легирования необходимо учитывать требования к точности и надежности получения заданного состава наплавленного металла, стабильности состава при возможных колебаниях режима наплавки, его однородности по объему наплавленного слоя, экономичности и удобству применения.

Легировать наплавленный металл можно за счет обменных реакций между металлом и оксидами, входящими в состав флюсов, через газовую fazу и непосредственно путем введения металлических добавок в электродный или присадочный материалы.

Примером легирования за счет обменных реакций между металлами и оксидами являются марганцево- и кремниевосстановительные процессы при наплавке под высокоактивными флюсами АН-348А и АН-60 с большим содержанием SiO_2 и MnO :



По степени убывания сродства к кислороду элементы, вводимые в состав электродных или присадочных наплавочных материалов, можно расположить в следующий ряд: Ca, Al, Ti, Si, Mn, Fe. Исходя из сродства к кислороду, каждый предыдущий элемент этого ряда будет восстанавливать оксиды последующих элементов при температурах, до которых нагреваются жидкие шлак и металл в процессе наплавки. Кроме того, направление этих реакций зависит и от концентрации реагирующих веществ, температуры и активности отдельных составляющих.

Примером легирования из газовой фазы может служить дуговая наплавка плавящимся электродом на воздухе или в азоте, при которой наплавленный металл легируется азотом. Такое легирование бывает полезным для сталей, содержащих хром, титан, ванадий и некоторые другие нитридообразующие элементы. Образуя с этими металлами твердые и прочные нитриды, азот может увеличить износстойкость сталей.

Легирование за счет восстановления металлов из оксидов или через газовую fazу не может обеспечить необходимый набор и уровень содержания легирующих элементов, точность и надежность заданного химического состава наплавленного металла, поэтому эти способы легирования применяют относительно редко. Наиболее распространено легирование наплавленного металла путем введения легирующих добавок в

электродный или присадочный материалы.

При наплавке штучными электродами легирующие элементы можно вводить в стержень и/или покрытие электрода. Если легирующие элементы вводятся через покрытие, то их концентрация в наплавленном металле пропорциональна толщине покрытия. Процессы легирования идут на стадии капли и в сварочной ванне. При большой толщине покрытия его наружные слои, расплавляясь, непосредственно стекают в сварочную ванну, минуя каплю. Такой характер плавления электрода существенно влияет на результаты легирования. Легирующие добавки, попадая в хвостовую часть ванны, не успевают полностью раствориться и равномерно распределиться в расплаве, в результате чего увеличивается макрохимическая неоднородность и ухудшаются эксплуатационные свойства наплавленного металла. Следует также учитывать то обстоятельство, что при легировании через покрытие более вероятно окисление таких легирующих элементов, как титан, ванадий, углерод. Опыт показывает, что при наплавке штучными электродами коэффициент перехода в наплавленный металл титана и углерода не превышает 0,5, а ванадия, марганца, кремния — 0,6.

Более высокие результаты получают, если легирующие элементы вводят не через электродное покрытие, а через проволоку. Такой путь легирования обычно используют при наплавке хромоникелевых нержавеющих, высокохромистых и быстрорежущих сталей.

При автоматической электродуговой наплавке под флюсом легирование наплав-

ленного металла осуществляется за счет использования одного из четырех сочетаний металлической присадки и флюса.

Способы легирования:

I — легированная сплошная электродная проволока или лента и плавленый флюс;

II — порошковая проволока или лента с легирующими присадками в шихте сердечника и в оболочке и плавленый флюс;

III — сплошная нелегированная проволока или лента и легирующий флюс;

IV — сплошная нелегированная проволока или лента и легирующие присадки в виде прутка, проволоки, ленты, пасты, порошка, нанесенные на наплавляемую поверхность.

Ни одно не встречается в чистом виде, так как электродный материал всегда в какой-то степени взаимодействует со шлаком и часть элементов переходит в наплавленный металл из флюса. При использовании легирующего флюса часть примесей может вноситься электродным материалом.

Если легирующий элемент не окисляется и не восстанавливается в процессе наплавки и поступает в сварочную ванну только из электрода, то его содержание в i -м слое можно вычислить по уравнению

$$R_H = R_{\vartheta} - R_{\vartheta} \gamma_{\vartheta}^i \quad (3)$$

где R_H — содержание легирующего элемента в металле наплавки; R_{ϑ} — то же в металле электрода; γ_{ϑ} — доля основного металла в наплавленном.

При $\gamma_{\vartheta}=0,3$ уже в третьем слое содержание данного легирующего элемента в металле наплавки практически не отличается от его содержания в электродном металле.

Наиболее существенное влияние на состав наплавленного металла параметры режима оказывают при наплавке под флюсом. В этом случае изменение тока, напряжения, скорости наплавки, диаметра и вылета электрода меняет количество шлака, приходящееся на единицу массы расплавившегося электрода (относительная масса шлака), а также кинетические условия взаимодействия металла и шлака. Влияние изменения этих параметров на процесс легирования зависит от того, что является основным источником легирования — электрод или флюс.

При легировании через сплошную или порошковую проволоку (I и II способы легирования при механизированной наплавке под флюсом) и наплавке под химически активными флюсами, содержащими SiO_2 и MnO , увеличение относительной массы шла-

ка при изменении режима наплавки приводит к окислению легирующих элементов и переходу в сварочную ванну кремния и марганца, восстановляемых из их оксидов по реакциям (1) и (2). Изменение режимов наплавки сопровождается также изменением кинетики взаимодействия фаз на стадии капли: возрастают время существования капли и ее взаимодействие с окислительным шлаком. В результате при изменении режимов наплавки меняется химический состав наплавленного металла.

В случае наплавки под нейтральными флюсами влияние относительной массы шлака на процессы окисления и легирования уменьшается. Этому способствует меньшая окислительная способность флюса и то, что не вся масса жидкого шлака взаимодействует с металлом. Невелика зависимость химического состава наплавленного металла от кинетических условий. Таким образом, при легировании через проволоку влияние режима на химический состав наплавленного металла тем меньше, чем меньше окислительная способность шлака.

При наплавке под легирующим флюсом (III способ легирования при механизированной наплавке под флюсом) влияние режимов наплавки на состав наплавленного металла весьма велико.

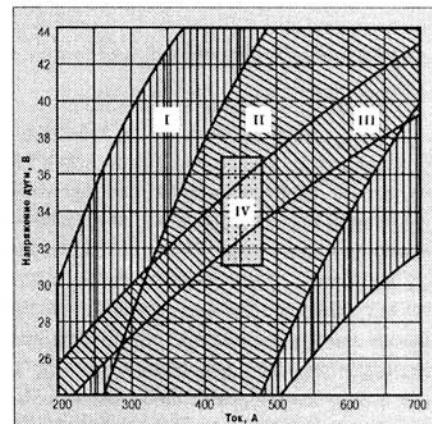
При плавлении электрода под слоем легирующего флюса капли на конце электрода имеют уже значительный уровень легирования. При увеличении относительной массы шлака в случае повышения напряжения дуги или уменьшении тока, содержание легирующих элементов в капле остается примерно постоянным, в то время как общий уровень легирования повышается.

Незначительное влияние режима наплавки на состав капли связано с тем, что с каплей взаимодействует сравнительно небольшая и постоянная доля жидкого шлака, и в условиях высоких температур и интенсивного перемешивания взаимодействующих фаз процесс обогащения капли легирующими элементами успевает пройти достаточно полно. Другими словами, при наплавке под легирующим флюсом режим наплавки влияет на состав наплавленного металла, в основном, через процессы, протекающие на стадии ванны. При наплавке под легирующим флюсом необходим строгий контроль над параметрами режима.

При наплавке плавящимся электродом по легирующей неподвижной присадке (IV способ легирования при механизированной на-

плавке под флюсом) количество последней выбирают таким, чтобы она вся переплавлялась дугой. Для наплавки используют нелегированную, сплошную проволоку или ленту и плавленые флюсы. Легирующие добавки вследствие энергичного перемешивания в сварочной ванне достаточно равномерно распределяются по сечению и длине наплавленного валика. При этом способе легирования окисление легирующих добавок за счет обменных реакций с оксидами шлака происходит сравнительно в малой степени. После расплавления эти добавки сразу попадают в металлическую ванну, поэтому шлак на них воздействует меньше, чем при легировании через проволоку.

При нанесении заданного количества легирующей присадки химический состав наплавленного металла в значительной мере зависит от скорости подачи плавящегося электрода (от величины тока) и скорости наплавки. При этом на единицу массы расплавляемой присадки будет приходить разное количество электродного материала, т. е. при этом способе легирования заданный химический состав наплавленного металла можно получить в весьма ограниченном диапазоне режимов.



Области режимов, в пределах которых состав наплавленного металла отклоняется в допустимой мере от среднего: I — наплавка сплошной проволокой Нп-60В10Х3Ф под флюсом АН-20; II — наплавка порошковой проволокой ПП-Нп-35В9Х3Ф под флюсом АН-20; III — наплавка сплошной низколегированной проволокой под легирующим флюсом на основе АН-20; IV — наплавка сплошной низколегированной проволокой под флюсом АН-20 по слою порошков ферросплавов

Все о восстановлении деталей машин наплавкой.

5. Методы легирования наплавленного металла

Для оценки точности получения наплавленного металла заданного химического состава при наплавке под флюсом различными способами легирования И. И. Фруминым* была предложена диаграмма (рисунок), построенная в координатах ток–напряжение, применительно к металлу типа 35В9Х3СФ, наплавленному под флюсом АН-20 с использованием упомянутых четырех способов легирования. Чем шире диапазон режимов, при которых обеспечиваются допустимые отклонения в составе наплавленного металла, тем надежнее способ легирования.

Из рисунка видно, что способы I и II обеспечивают достаточно широкие рабочие области режимов, так что случайные колебания тока и напряжения дуги, неизбежные при наплавке в производственных условиях, не

* Фрумин И. И. Автоматическая электродуговая наплавка. – Харьков: Металлургия, 1961. – 421 с.

должны отражаться на химическом составе наплавленного слоя.

Способ III дает узкую полосу допустимых режимов, соблюдение напряжения дуги в таких пределах связано с определенными трудностями. Случайные отклонения от заданного состава более вероятны, чем при использовании легирующей проволоки.

Способ IV позволяет получить заданный химический состав наплавленного металла только в очень узком диапазоне режимов. Даже небольшие отклонения от заданных диапазонов тока и напряжения приводят к недопустимым отклонениям состава наплавленного металла. Это наименее надежный способ легирования металла при наплавке под флюсом.

При механизированной наплавке открытой дугой в защитных газах или самозащитной порошковой проволокой легирование наплавленного металла осуществляется через проволоку, подаваемую в дугу в качестве электродной или присадочной.

Электрошлаковая наплавка характеризуется небольшим расходом флюса, поэтому для этого способа наплавки применяют различного вида легированные электродные или присадочные материалы (проводки,

ленты, электроды большого сечения, некомпактные материалы, жидкий присадочный металл и др.) и плавленый флюс.

В случае плазменной наплавки в зависимости от применяемого способа легирующие элементы вводят в порошок, токоведущую или присадочную проволоку.

При выборе способа легирования необходимо учитывать много факторов. И один из главных — назначение и условия эксплуатации наплавленных деталей. Так, требования к стабильности и однородности состава металла при наплавке коррозионностойких слоев выше, чем при наплавке слоев, стойких против абразивного изнашивания. Сплошные высоколегированные проволоки и ленты дают при наплавке более однородный металл, чем порошковые проволоки и ленты, однако они значительно дороже последних и их применение оправдано в тех случаях, если необходимо получить наплавленный металл со стабильными составом и свойствами. При наплавке по слою порошка или пасты используют относительно недорогие материалы, но этот способ мало пригоден, если требуется большая стабильность химического состава наплавленного металла. ■

(Окончание. Начало на стр. 15)

ИЭС им. Е. О. Патона и ГВП «Экотехнология» представили доклад о высокопроизводительном методе механизированной сварки базисных деталей двигателей самозащитной проволокой сплошного сечения из сплава на основе никеля марки ПАНЧ-11 диаметром 1,2 мм. Состав проволоки обеспечивает получение пластичного аустенитного шва, который можно затем обрабатывать любым режущим инструментом. Срок работоспособности деталей двигателей ГАЗ, ЗИЛ, ЯМЗ, КамАЗ, СМД, ВАЗ и др., восстановленных предложенным методом, существенно возрастает.

Характеристики технологии электродуговой разделительной резки низкоуглеродистых, легированных и нержавеющих сталей, чугуна, алюминия, меди и сплавов на ее основе с применением специализированной порошковой проволоки ППР-ЭК4 приведены в сообщении ГВП «Экотехнология». Для резки разработана специализированная установка, позволяющая резать металлы с максимальной толщиной до 400 мм.

Опытом применения внешнего электромагнитного поля (ЭМП) при многослойной наплавке поделились представители Нижнетагильского технического университета. ЭМП в зону горения дуги вводят через устройство, подклю-

чаемое к генератору сигналов специальной формы с регулируемой длительностью импульсов и пауз до 100 мкс. Во всех случаях при использовании ЭМП дендритное строение в поперечном сечении наплавленных валиков более мелкое и равноносное по сравнению с наплавкой без применения поля.

Термомеханическое упрочнение с применением электромагнитного поля предлагают специалисты из Беларуси (КТИС МА, Минск, ПГУ, Новополоцк). Рекомендуется для упрочнения и восстановления наружных поверхностей вращения использовать электромагнитную наплавку ферропорошками, совмещая ее с поверхностным пластическим деформированием.

В НТУУ «КПИ» (Киев) исследованы возможности использования водородно-кислородного пламени (ВКП) при ремонте деталей малых (до 2 мм) толщин. Отмечено, что наиболее эффективно применение ВКП для сварки латуни, а также при пайке деталей из нержавеющих сталей толщиной от 0,07 до 0,14 мм, сварке и пайке ювелирных и стоматологических изделий.

В НТУУ «КПИ» разработаны технологические приемы аргонодуговой наплавки как стационарной, так и импульсной дугой для восстановления поверхностей тонкостенных (лезвийного типа) деталей и конструкций. Сущность новых

подходов заключается в подогреве присадочной проволоки до 300 °C и ее импульсной подаче. Манипулируя током, температурой подогрева проволоки и характером ее подачи в зону сварки, можно управлять глубиной проплавления и геометрическими размерами наплавленного валика.

Об опыте использования отходов металла на машиностроительных предприятиях Украины, России и Беларуси для электрошлаковой наплавки штамповой оснастки на установке ОБ-2213 говорилось в сообщении ИЭС им. Е. О. Патона. Эта технология позволяет не только эффективно утилизировать стружку, но и повысить стойкость отремонтированного инструмента в 1,5–2 раза.

Русенский университет (Русе, Болгария) представил доклад о восстановлении деталей сельхозтехники вибродуговой наплавкой в газовых смесях на основе аргона. Установлено оптимальное соотношение газовой смеси из аргона (60%) и CO₂ (40%), при котором улучшается формирование наплавленного металла, уменьшается разбрызгивание и снижается выгорание легирующих элементов.

Материалы 7-й Международной конференции изданы Ассоциацией технологов-машиностроителей Украины в виде сборника тезисов докладов.

В. В. Андреев, канд. техн. наук

Источники питания сварочной дуги

4. Агрегаты и преобразователи. Сварочные генераторы

Основной объем работ, производимых в настоящее время в сварочном производстве, выполняется дуговой сваркой. Качество этих работ в большой степени зависит от свойств и характеристик источника питания, который используется при сварке. На рынке сварочного оборудования сейчас представлен широкий ассортимент разнообразных типов источников питания сварочной дуги. Зачастую выбор того или иного источника питания бывает затруднен из-за недостатка информации об особенностях его конструктивного и схемного решений, технологических возможностях и т. д. Учитывая это, журнал продолжает публиковать ряд статей, систематизирующих сведения об источниках питания сварочной дуги.

*Статьи подготовлены канд. техн. наук В. В. Андреевым,
ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины.*

Электромашинные сварочные преобразователи и агрегаты выпускали и выпускают в основном как источники питания постоянного тока. Основными потребителями сварочных агрегатов являются прокладчики трубопроводов, строители и монтажники, ремонтники, работающие в условиях отсутствия централизованного электроснабжения.

Такие источники питания состоят из сварочного генератора (далее, генератора) и механически связанного с ним на общем валу приводного электрического двигателя (преобразователя) или двигателя внутреннего горения (агрегата). Есть разновидность генераторов, приводимых во вращение от транспортных средств, имеющихся у потребителя. По форме внешних статических характеристик генераторы могут быть с падающими (ПВХ) или, реже, с жесткими (ЖВХ) характеристиками. Генераторы с ПВХ предназначены для ручной сварки, а также автоматической или полуавтоматической сварки под флюсом. Генераторы, входящие в состав преобразователей и агрегатов, по принципу работы делят на коллекторные генераторы постоянного тока и вентильные генераторы (генераторы переменного тока повышенной частоты с выпрямительным блоком). Коллекторные генераторы сейчас практически не выпускают, их полностью вытеснили вентильные генераторы индукторного типа. Тем не менее, коллекторных сварочных машин со щеточным токосъемом находится в эксплуа-

тации еще достаточно много. Поэтому кратко охарактеризуем наиболее типичные из них.

Как известно из теории машин постоянного тока, ЭДС, индуцируемая в якоре генератора, связана с магнитным потоком Φ_m между вращающимся якорем и полюсами следующим уравнением: $E = C \times \Phi_m$, где C — постоянная генератора, определяемая числом пар полюсов, скоростью вращения якоря, числом активных проводников и пар параллельных цепей обмотки якоря. Напряжение на клеммах генератора меньше, чем ЭДС, на величину внутреннего падения напряжения в якоре. Если поток Φ_m в воздушном зазоре под полюсами не изменяется при нагрузке, то внешняя характеристика генератора будет жесткой. Принцип получения ПВХ генератора путем уменьшения результирующего магнитного потока Φ_m с ростом нагрузки является основным практически для всех типов коллекторных генераторов. По схемным признакам их можно классифицировать следующим образом:

- генераторы с намагничивающей независимой обмоткой возбуждения и последовательной размагничивающей обмоткой;
- генераторы с параллельной обмоткой возбуждения (с самовозбуждением) и последовательной размагничивающей;
- генераторы с расщепленными полюсами;
- генераторы с поперечным полем возбуждения.

Все перечисленные схемы могут быть при-

некоторых допущениях сведены к одной обобщенной эквивалентной схеме сварочного генератора с независимым возбуждением (обмотка W_h) и размагничивающей последовательной обмоткой W_p (рис. 1). Эта схема наиболее четко отражает основной принцип действия сварочных коллекторных генераторов. Магнитные потоки основной намагничивающей обмотки Φ_h и размагничивающей обмотки Φ_p направлены встречно. При

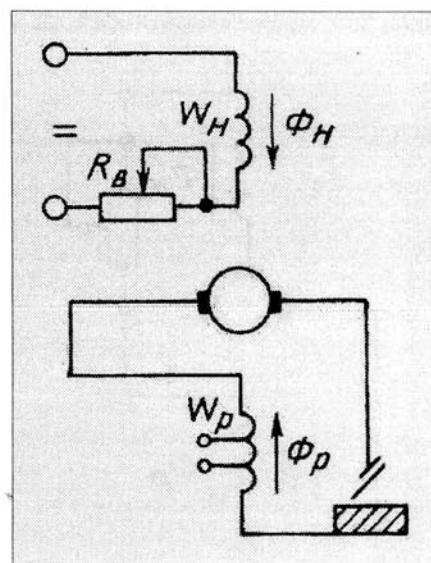


Рис. 1. Схема генератора с независимой обмоткой возбуждения и последовательной размагничивающей обмоткой

Источники питания сварочной арки

3. Источники питания постоянного тока. Сварочные выпрямители

холостом ходе ($I_{cb}=0$) поток Φ_H не ослабляется ($\Phi_m=\Phi_H$), и напряжение на зажимах генератора достигает максимального значения. С увеличением сварочного тока результирующий магнитный поток падает ($\Phi_m=\Phi_H-\Phi_p$), и напряжение на зажимах генератора уменьшается, благодаря чему формируется ПВХ. Во время короткого замыкания потоки Φ_H и Φ_p практически уравновешиваются и напряжение на выходе генератора равно нулю. Регулировка тока ступенчато-плавная. Грубую регулировку тока (наклона характеристики) осуществляют изменением числа витков W_p , а семейство внешних характеристик получают регулированием тока в цепи независимой обмотки возбуждения с помощью реостата R_b . По этой причине значение напряжения холостого хода генератора на разных режимах не постоянно. К недостаткам следует отнести также необходимость подключения к генератору отдельного стабилизированного источника постоянного тока для питания независимой обмотки возбуждения.

Более рациональной является схема генератора с самовозбуждением, у которого обмотка W_p подключена к одной из главных щеток и к дополнительной третьей щетке

(рис. 2). ЭДС, снимаемая с этих щеток, практически не меняется во время нагрузки, и поэтому ток возбуждения поддерживается неизменным. Для получения ПВХ так же, как и в предыдущем случае, используют размагничивающую обмотку, по которой течет сварочный ток. Различные модификации этого типа генератора (ГСО — устаревшее обозначение, ГД — современное) на ток 300 А (ГСО-300-5, ГСО-300-8, ГД-303, ГД-305, ГД-310 и др.) широко использовали в электромашинных преобразователях, а также в агрегатах с бензиновыми (серии АСБ и АДБ) и дизельными (серии АСД и АДД) двигателями. Для формирования ЖВХ в коллекторном генераторе самовозбуждения (например, ГСМ-500) параллельная намагничивающая и последовательная обмотка включены так, чтобы магнитные потоки, создаваемые этими обмотками, были направлены согласно. Подмагничивающее действие последовательной обмотки компенсирует размагничивающее действие реакции якоря и потери напряжения внутри генератора. Поскольку напряжение генератора не зависит от тока нагрузки, отпадает необходимость в дополнительной третьей щетке: цепь параллельной обмотки возбуждения питается непосредственно от основных щеток генератора. Генераторы с ЖВХ выпускали для механизированной сварки в защитных газах (преобразователь ПСГ-500) и для многопостовой сварки покрытыми электродами (ПСМ-1000).

Генераторы с расщепленными полюсами также относятся к генераторам с самовоз-

буждением, имеющим намагничивающую обмотку возбуждения в сочетании с использованием размагничивающего действия реакции якоря. Эти генераторы можно встретить в агрегатах типа САК-2М или в преобразователях ПС-300М.

У генераторов с поперечным магнитным полем возбуждение полюсов осуществляется также сварочным током (самовозбуждение). Как правило, эти генераторы — двухполюсные с двумя парами щеток на коллекторе. Две главные щетки (к ним подключают сварочную цепь) расположены по оси полюсов генератора, другая пара щеток, замкнутых накоротко, расположена на нейтрали к потоку полюсов. Благодаря короткозамкнутым щеткам создается поперечное поле, которое индуцирует в якоре ЭДС, снимаемую главными щетками. Магнитный поток реакции якоря направлен встречно основному потоку, вследствие чего формируется ПВХ генератора. Подобные генераторы встречаются крайне редко.

Сварочные генераторы со щеточно-коллекторным токосъемом практически полностью уступили место менее трудоемким в изготовлении и более экономичным по расходу меди бесконтактным электромашинным источникам питания. В сварочной практике в качестве бесконтактных генераторов находят применение индукторные синхронные машины, которые питают дугу через диодный выпрямитель (отсюда название — вентильный генератор). В индукторной машине (ИМ) меняется только значение магнитной индук-

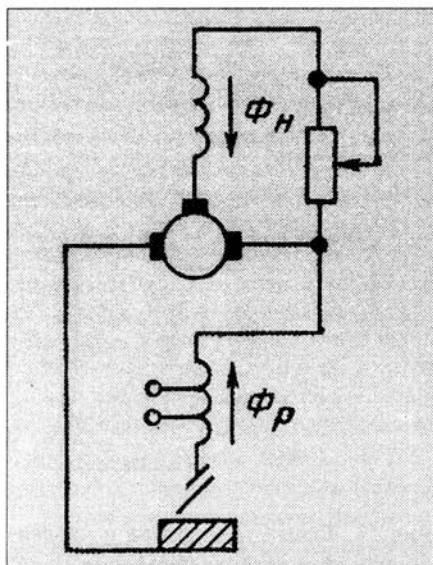


Рис. 2. Схема генератора с самовозбуждением

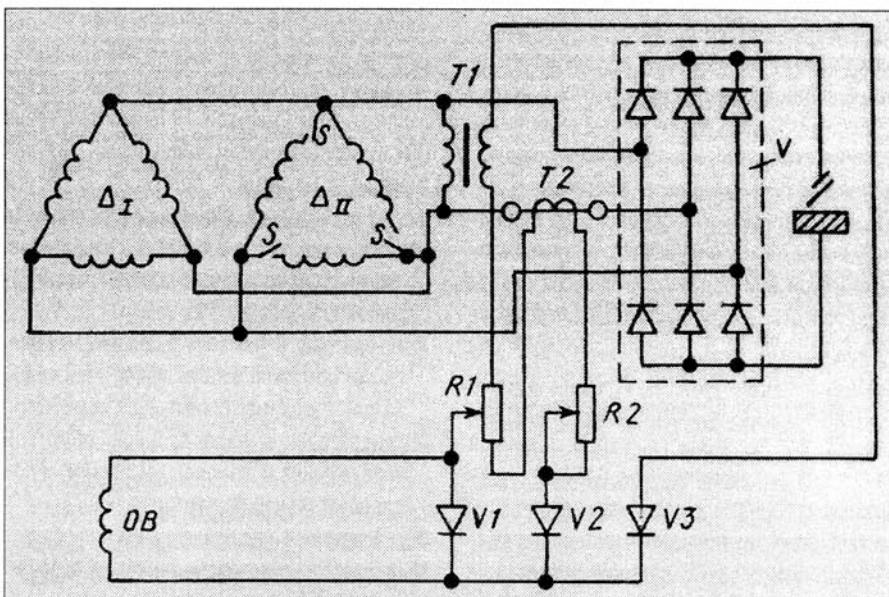


Рис. 3. Электрическая схема вентильного генератора

ции в рабочем зазоре между статором и ротором, ее направление остается постоянным. Обмотки якоря и возбуждения находятся на статоре, а изменение магнитного потока, сцепленного с обмоткой якоря, достигается за счет периодического изменения магнитного сопротивления на пути рабочего потока при вращении зубчатого ротора. Поэтому индукция в зазоре ИМ имеет пульсирующий характер и содержит переменную (рабочую) и постоянную (нерабочую) составляющие. Наличие постоянной составляющей магнитного потока является главным недостатком ИМ, так как она не принимает участие в наведении ЭДС, а только загружает магнитопровод и требует существенного увеличения его объема и массы по сравнению с обычными синхронными машинами. Этот недостаток в какой-то степени компенсируется за счет повышенной частоты ЭДС (200–400 Гц), определяемой скоростью вращения ротора машины и числом зубцов на нем, которое может быть сделано большим. К достоинствам ИМ следует отнести простоту конструкции ротора, высокую надежность, удобство регулирования, повышенную работоспособность в сложных окружающих условиях. Благодаря этим качествам машины такого класса пользуются повышенным спросом.

Типичная электрическая схема вентильного генератора с самовозбуждением показана на рис. 3. Естественные внешние характеристики вентильного генератора падающие, формируются за счет индуктивного сопротивления Δ фаз обмотки статора. Значение сопротивления зависит от конструктивных параметров генератора и степени насыщения ротора. При пуске, когда ротор генератора начинает вращаться, от приводного двигателя, на выводах статорной обмотки появляется ЭДС, равная 7–8 В, благодаря остаточному магнетизму полюсов ротора. Трансформатор T_1 повышает это напряжение, и через диод V_3 его среднее значение за полупериод подается на зажимы обмотки возбуждения OB (в это время диод V_1 заперт). В следующий полупериод диод V_1 открыт, и через него идет ток за счет энергии, накопленной в магнитном поле OB в предыдущий полупериод. Генератор возбуждается до напряжения холостого хода, которое настраивается резистором R_1 . С увеличением нагрузки напряжение на фазах статорной обмотки понижается и вместе с этим уменьшается среднее значение выпрямленного с помощью диода V_3 вторичного напряжения

трансформатора T_1 . При нагрузке одновременно с T_1 обмотку OB начинает питать выпрямленным током вторичная обмотка трансформатора тока T_2 через диод V_2 . Вентильный генератор имеет два диапазона регулирования тока (за счет включения одной или двух статорных обмоток). Плавное регулирование в пределах каждого диапазона осуществляется с помощью резистора R_2 .

Наиболее распространенная конструкция ИМ для вентильных генераторов показана на рис. 4. Ротор генератора состоит из двух стальных пакетов 4 и 9, расположенных на общем валу 1(8) и имеющих полюсы. При этом полюсы одного пакета сдвинуты на 180° относительно полюсов второго пакета. Для прохождения магнитного потока вдоль оси генератора предусмотрена стальная втулка 11. Обмотка возбуждения 7 прикреплена специальным приспособлением 5 неподвижно к корпусу генератора 3, выполненного из магнитомягкого материала, и размещена между пакетами ротора. Подшипниковые щиты (на рисунке не показаны) прикреплены к корпусу в местах, отмеченных цифрой 2. На статоре генератора 6, также состоящем из двух пакетов, расположена трехфазная силовая обмотка 10. Вращающееся магнитное поле ротора, созданное OB , периодически изменяя свою величину, пронизывает витки фаз обмотки статора, в которых наводятся переменные ЭДС повышенной частоты.

Одно- и многопостовые агрегаты серии АДД и АДБ с вентильными генераторами выпускают в Литве (АО «ВЕЛГА», Вильнюс): АДД-4001, АДД-4003, АДД-4×2501, АДБ-3122; в России (АО «ИСКРА», Новоуткинск): АДБ-2001, АДБ-3133 и др. и в некоторых других регионах бывшего СССР. В Украине агрегаты АДД-4001С производят ОАО «СЭЛМА» (Симферополь) и Электромеханический завод (Нежин).

В последние годы на мировом рынке сварочного оборудования появились агрегаты на базе асинхронных генераторов с тиристорными выпрямительными блоками. Известно, что если ротор асинхронного двигателя вращать с частотой, превышающей частоту вращения магнитного потока статора, то двигатель перейдет в режим асинхронного генератора. В асинхронном генераторе, работающем на автономную нагрузку, реактивная мощность, необходимая для возбуждения генератора, должна вырабатываться отдельным источником. Обычно таким источником служит батарея конденсаторов, включе-

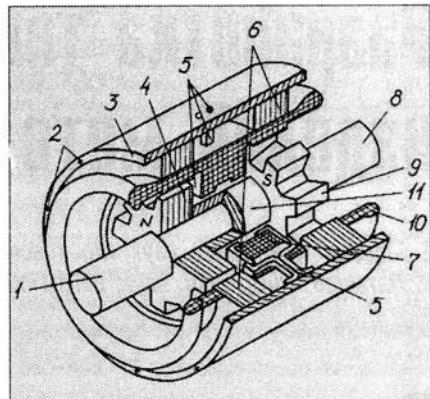


Рис. 4. Общий вид индукторной машины для вентильного генератора

чаемых параллельно с нагрузкой генератора. Применение асинхронных генераторов в качестве источников питания для сварки и резки стало возможным только в 90-е годы благодаря появлению высокоеффективных конденсаторов и соответствующей элементной базы, позволивших создать достаточно компактные управляемые агрегаты. Естественно, что агрегаты на базе асинхронных машин сложнее, чем на основе вентильных генераторов. Однако эта сложность компенсируется достаточно высокими эксплуатационными характеристиками подобных агрегатов.

Асинхронные генераторы, как правило, рассчитаны на промышленную частоту. Это позволяет (кроме электрически несвязанных сварочных обмоток и обмоток возбуждения) разместить на статоре генератора дополнительные обмотки для получения трехфазного напряжения 220/380 В, питающего электроинструмент или осветительные устройства небольшой мощности. Конденсаторы для возбуждения генератора можно автоматически переключать в зависимости от режима работы генератора. Для обеспечения возбуждения генератора на 1 кВт полезной мощности требуется $0,7 \text{ кВ} A_p$ — реактивной мощности. Тиристорный выпрямитель обычно собирают по мостовой схеме и подключают к выходным зажимам статорной сварочной обмотки. С его помощью формируются требуемые внешние характеристики генератора. Блок управления запитывается от автономной вспомогательной сети либо от силовой обмотки с использованием фильтрующих устройств. Задача формирования внешней характеристики и поддержания стабильного значения сварочного тока полностью лежит на схеме управления силовым тиристорным блоком. ■

Разработка технологии ремонта алюминиевых изделий методом бесфлюсовой пайки

**E. Хлудов, канд. техн. наук, Московский государственный вечерний металлургический институт,
P. Латыпов, канд. техн. наук, ВНИИТУВИД «Ремдеталь» (Москва)**

В процессе эксплуатации литых алюминиевых изделий часто возникает необходимость проведения ремонта с целью устранения различных дефектов — трещин, отверстий, сколов и пр. Использование в этих случаях сварки весьма затруднительно. Не всегда положительных результатов достигают и при высокотемпературной флюсовой пайке из-за чрезмерного нагрева (450–600 °C) и остатков флюсов, приводящих к развитию коррозии, а также снижению механической прочности в зоне выполнения ремонта. Поэтому наиболее перспективным процессом в технологии ремонта следует считать бесфлюсовую пайку низкотемпературными припоями, которые по своим механическим и технологическим свойствам удовлетворяют многие требования, предъявляемые к готовым изделиям.

Однако низкая смачивающая способность низкотемпературных припоеv не позволяет в широком масштабе реализовать их в технологии бесфлюсовой пайки алюминиевых сплавов. Решение проблемы связывают с применением галлия, который, являясь поверхностью-активным металлом по отношению к алюминию, смачивает его без применения флюсов, а также с использованием альтернативных источников нагрева взамен дефицитных баллонных газов (ацетилен, пропан, кислород). Один из таких источников нагрева — генераторы водородно-кислородной смеси, получаемой за счет электролиза воды.

Для решения поставленной задачи были опробованы низкотемпературные припои системы Sn-Zn-Ga и Zn-Al-Si-Ga, хими-

ческий состав и свойства которых приведены в табл. 1.

Припой системы Sn-Zn-Ga был выбран для ремонта исходя из низкой температуры плавления с целью устранения разного рода мелких дефектов типа трещин, пор, раковин, небольших сколов и пр. Сплав на основе цинка, имеющий более высокую температуру плавления и прочность, предполагали использовать в технологии ремонта изделий с дефектами крупных размеров типа сколов, вырывов, где требуется достаточная прочность.

Исследования по отработке технологии ремонта проводили на макетных образцах и изделиях, изготовленных из сплава АЛ-2. В качестве источника теплоты использовали водородно-кислородный газогенератор ГВК-600, обеспечивающий получение водородно-кислородной газовой смеси за счет электролиза воды.

Технические характеристики газогенератора:
Номинальное напряжение сети, В 220
Потребляемая мощность, Вт 2200
Производительность водородно-кислородной смеси, л/ч 600
Расход воды, л/ч 0,5
Расход углеводородной жидкости, л/ч 0,4
Давление в газовой системе, Мпа 0,04
Габаритные размеры, мм 420×320×630
Масса, кг 70

При пайке возникновение физического контакта и возбуждение химической связи между атомами на поверхности достигается на стадии смачивания жидким припоеем поверхности паяемого металла.

При оценке паяемости сплава АЛ-2 припоями системы Sn-Zn-Ga и Zn-Al-Ga уста-

новлено следующее. Краевой угол смачивания припоеv в зависимости от состава равен 35–45°. Смачиваемость поверхности алюминиевого сплава припоеем достигается без применения флюса и ультразвука. Самофлюсуемость припоеv обеспечивается тем, что в процессе нагрева поверхности благодаря разнице коэффициентов линейного расширения основного металла и оксидной пленки растягивающих напряжений в последней образуются микротрещины, через которые галлий попадает к границе раздела металл–оксид и смачивает чистый алюминий. Оксидная пленка диспергируется, отслаивается, и это приводит к улучшению растекания жидкого припоя по алюминиевому сплаву. Улучшению смачивания и растекания припоя способствует также наличие в нем цинка. При появлении жидкой фазы первичные кристаллы цинка выполняют роль абразивного материала, создают трещины в поверхности оксидной пленки и частично способствуют ее удалению. Эксперименты показали (рисунок), что прочность паяных соединений составляет 65–110 МПа, т. е. чуть ниже, чем у припоеv. Это, вероятно, объясняется тем, что не обеспечивается 100%–й контакт жидкого припоя с паяемым металлом из-за наличия непроплава. Однако прочность можно повысить, если увеличить время выдержки при пайке. Так, если время выдержки составляет 3 мин, то значение предела прочности соединения, выполненного припоеем Sn-Zn-Ga, возрастает до 85 МПа, а припоеем Zn-Al-Si-Ga — до 165 МПа.

Металлографические исследования зоны соединения основной металл–припой показали, что в процессе длительной выдержки состав припоя обогащается компонентами паяемого металла, и это перераспределение способствует повышению механических свойств. Прочность соединения можно также повысить и на этапе предварительного лу-

Таблица 1. Физико-механические свойства припоеv

Припой	T _{пл} , °C	σ _в , МПа	δ, %	θ, град
Sn-18%Zn-0,7%Ga	260	75	32	40–45
Zn-15%Al-2%Si-0,5%Ga	380	120	18	35–40

жения за счет увеличения времени контакта жидкого припоя с основным металлом. Увеличение времени выдержки более 3 мин нецелесообразно, так как наблюдается проникновение припоя в металл по границам зерен, вследствие чего снижаются механические свойства последнего.

В ряде случаев требуется выполнить ремонт с целью устранения течи, поэтому были проведены стендовые испытания макетных образцов и натурных изделий на герметичность. Эксперименты проводили в ванне с подогретой водой (40°C) и подачей внутрь емкости сжатого воздуха. Полученные результаты дают основание сделать вывод о том, что пайка позволяет устраниить любые течи, а соединение при этом выдерживает давление до 1 МПа. Теплообменники, испарители и другие изделия работают в условиях сложного температурного режима, что требует от соединения стойкости к циклическим воздействиям. Установлено, что бесфлюсовая пайка алюминиевых изделий исследуемыми припоями обеспечивает возможность их эксплуатации в режиме температур от минус 20°C до плюс 60°C без потерь герметичности и механических свойств в течение двух лет и более.

К соединениям предъявляется множество требований, и важное место среди них занимает показатель коррозионной стойкости. При изучении влияния длительности воздействия влажной атмосферы ($98\%-я$ влажность, $T=40^{\circ}\text{C}$) на механическую прочность соединений обнаружено, что в течение 30 сут. предел прочности соединения, выполненного припоеем Sn-Zn-Ga, снижается с 85 до 83,5 МПа, при пайке припоеем Zn-Al-Si-Ga —

с 165 до 164 МПа, что не превышает 1–1,5% и свидетельствует об удовлетворительной коррозионной стойкости таких соединений. При использовании защитного покрытия (нитролак) потеря механической прочности соединений не выявлено. Нарушения герметичности в зоне соединения в процессе длительного воздействия влажной атмосферы также не установлено. На основании проведенных исследований установлено, что метод бесфлюсовой газопламенной пайки с применением низкотемпературных припоеев, легированных галлием, позволяет провести ремонт и восстановление алюминиевых изделий без применения специальных покрытий и флюсов. В зависимости от вида дефекта и требований, предъявляемых к изделию, для этих целей используют припой на основе олова и цинка, а нагрев выполняют водородно-кислородным пламенем, получаемом в газогенераторе.

Ремонт с применением самофлюсующих припоеев включает следующие последовательно выполняемые операции:

1. *Подготовку поверхности перед пайкой.* Качественное соединение может быть получено только при условии, что место пайки предварительно подготовлено. При устранении пор, раковин, трещин и других подобных дефектов необходимо провести разделку поверхности с целью увеличения площади пайки и обеспечения контакта жидкого припоя с чистым металлом. Далее с поверхности следует удалить жировые загрязнения и оксидную пленку, препятствующие хорошему смачиванию поверхности алюминия жидким припоеем. Для обезжиривания используют 5%–й раствор NaOH. Химичес-

кое травление производят в 10–20%–м растворе NaOH при температуре 40 – 60°C в течение 1–2 мин.

2. *Промывку.* Для удаления остатков растворов, используемых при обезжиривании и травлении, изделие необходимо промыть в проточной горячей, затем холодной воде и просушить при температуре 60 – 70°C .

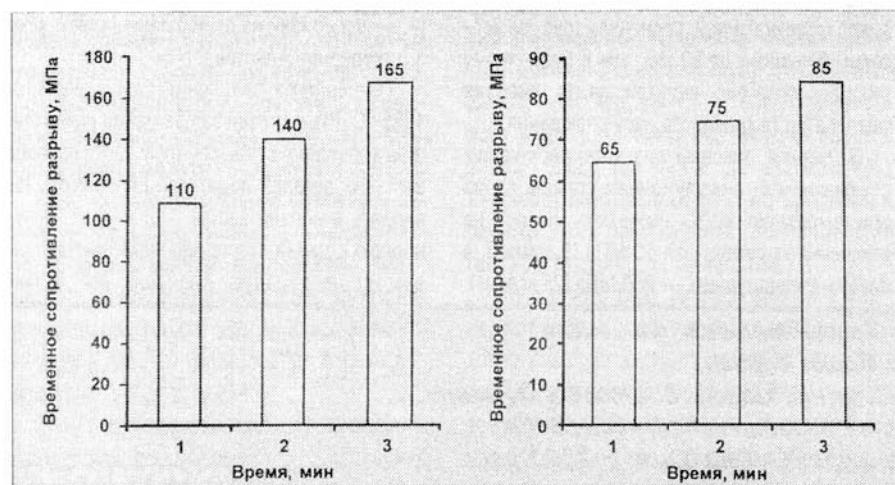
3. *Лужение.* Лужение поверхности алюминия в зоне дефекта производят при температуре 260 – 280°C для припоя Sn-Zn-Ga и 380 – 400°C для припоя Zn-Al-Si-Ga. С целью обеспечения равномерного нагрева горелку периодически передвигают вокруг зоны расположения дефекта, не допуская перегрева. В процессе нагрева прутком припоя периодически касаются поверхности изделия и при появлении жидкой фазы за счет вращательно-поступательных движений насят его на поверхность алюминия. Этую операцию можно также выполнить с помощью металлического шпателя, предварительно расплавив в зоне дефекта небольшое количество припоя. После нанесения на поверхность основного металла тонкого слоя припоя с поверхности расплава с помощью шпателя удаляют продукты окисления.

4. *Пайку.* После лужения трещины, поры и раковины заполняют припоеем, сколы на литых изделиях восстанавливают с применением простой оснастки, а отломленные участки изделия припаивают. Температура пайки такая же, как и при лужении, а время выдержки составляет 2–3 мин.

5. *Охлаждение.* Охлаждение протекает до тех пор, пока не произойдет полная кристаллизация припоя. Не рекомендуется увеличивать скорость охлаждения, используя для этой цели воду или другую жидкость, поскольку это может привести к появлению микротрещин.

6. *Обработку изделий после пайки.* После пайки в зоне дефекта выполняют механическую обработку с целью придания поверхности требуемой геометрии и размеров. Для повышения коррозионной стойкости и увеличения срока службы изделия после ремонта рекомендуется нанести на поверхность лакокрасочное покрытие.

7. *Контроль качества.* Качество пайки оценивают вначале визуально на наличие или отсутствие дефектов. Затем может быть проведена проверка на герметичность, если это емкость или сосуд, а другие изделия могут быть подвергнуты испытаниям на термоциклирование и вибростойкость. ■



Влияние времени выдержки при пайке припоеем на прочность паяных соединений Zn-Al-Si-Ga (а) и Sn-Zn-Ga (б)

Паяння, припій, флюси*

Конструкційні матеріали представлені, як правило, не металами в чистому вигляді, а сплавами. Це покращує їхню міцність, провідність, корозійну стійкість, опір механічному зношенню, тощо. На перший погляд важко розпізнати, з якого матеріалу виготовлена деталь. Ускладнює розпізнавання хімічного складу також і використання захисного покриття іншими металами шляхом гальванізації та електролізу. Метали покривають захисними плівками для збільшення терміну їх використання, коригування корозійних властивостей або зовнішнього вигляду основного металу. Часом наявність захисного покриття полегшує процес спаювання, але в цьому випадку необхідно звертати увагу на температуру плавлення основного металу. Якщо основний метал відомий, можна легко вибрати відповідну технологію паяння, припій та флюс для отримання найякіснішого результату спаювання.

Способи спаювання мають багато принципів класифікації. Залежно від температури плавлення приплюса, спаювання розподіляють на низькотемпературне (температура плавлення не вища за 450 °C) та високотемпературне (температура плавлення більше 450 °C). Причиною такого поділу є суттєві відміни у природі процесу нижче та вище зазначененої температури.

За температурою плавлення сучасні приплюси розподіляють таким чином, °C:

Особливо легкоплавкі	<145
Легкоплавкі	145–450
Середньоплавкі	450–1100
Високоплавкі	1100–1850
Тугоплавкі	>1850

Мідь та її сплави. Використання міді для виробництва різноманітного знаряддя, зброї та виробів побутового користування відоме тисячі років. Чиста мідь має червоний бліск, який при поліруванні стає інтенсив-

нішим, тому її з успіхом застосовують і з декоративною метою. Незважаючи на те, що в чистому вигляді мідь м'яка, її можна надати твердість та міцність шляхом введення олова або цинку. Сплави міді з оловом, алюмінієм, залізом, берилієм — бронза, а сплав міді з цинком — латунь. Мідь утворює сплави також і з іншими металами, наприклад, нікелем, сріблом. Міді можна надати певну твердість шляхом механічного оброблення, що має місце при виготовленні труб, фасонних частин та фольги. Тут спостерігається явище механічного наклепу. Мідь та її сплави можна спаювати за допомогою більшості легко- та середньоплавкіх приплюсів, з огляду на здатність міді легко сполучатися з оловом, цинком, кадмієм.

Рекомендоване значення щілини при з'єднуванні спаюванням становить 0,1–0,3 мм для низькотемпературного спаювання, та 0,025–0,1 мм — для високотемпературного.

Температура плавлення міді дорівнює 1084 °C. Завдяки її антикорозійним властивостям, мідь все частіше застосовують у санітарно-технічних системах. Мідь втрачає свою міцність при високих температурах, тому необхідно, по змозі, використовувати спаювання легкоплавкими приплюсами. Однією з причин використання низькотемпературного спаювання є можливість появи корозії напруження на ділянці між частинами, що нагріваються і не нагріваються. Рекомендують вибирати припій з якомога найменшою температурою плавлення.

Високотемпературне спаювання потрібно використовувати при з'єднаннях труб діаметрами, більшими за 50 мм, але в будь-якому випадку потрібно уникати надто високих температур та тривалого часу спаювання.

З'єднання, виконані низькотемпературним спаюванням із використанням сплавів олова при температурі 20 °C, набувають міцності на стиснення та розтяг біля 50 МПа (5 кг/мм²), а високотемпературним — 250 МПа (25 кг/мм²).

У разі спаювання легкоплавким свинцево-олов'яним приплюсом потрібно враховувати, що має місце зниження міцності з'єднання на 50–75% в умовах його роботи при температурі 90 °C. Якщо з'єднання виконане олов'яно-срібним приплюсом, воно може витримувати навантаження 60 МПа (6 кг/мм²) до температури 100 °C. Ці приклади наглядно демонструють необхідність відповідального ставлення до вибору приплюсів. Як правило, середньоплавкі приплюси застосовують для спаювання деталей, які працюватимуть при температурах, вищих за 110 °C.

Мідь, як і алюміній, є добрим тепло- та електропровідником, тому широко застосовується в електроніці та електротехніці.

Мідь легко піддається формуванню холодним способами і легко спається. Вона нестійка до дії сірки та кислот, тому у випадку можливих контактів з такими речовинами слід застосовувати інші матеріали.

Добре зачищені місця з'єднань мідних елементів можна спаювати за допомогою низькорозійних або некорозійних флюсів.

Практично, при спаюванні вживається більша кількість флюсів, ніж це необхідно, і, якщо після спаювання не очистити ці місця, утворяться сприятливі умови для корозії.

Залежно від промислових вимог існують стандарти щодо чистоти та складу міді. Споживачам рекомендовано працювати з перевіреним і гарантованім матеріалом, який відповідає всім вимогам.

Залізо та його сплави. Сталь вуглецева, низько-, високолегована, літтєва та ін. — всі сплави на основі заліза мають різні антикорозійні властивості.

Температура плавлення заліза дорівнює 1535 °C. Різні сплави заліза мають різний ступінь корозійної стійкості, тому часто поверхні залізних деталей додатково обробляють або вводять в сплави заліза інші метали. Популярною є думка про те, що нержавіюча сталь взагалі не кородує. Але вона все ж таки

* Передрук: «Ринок Інсталляційний», січень 1997 р.

**Якщо Ви НЕ хочете залишатись компетентним фахівцем,
якщо Ви НЕ зацікавлені в успіху Вашої справи,
то Вам НЕ потрібно звертатись в найближче поштове відділення,
то Вам НЕ потрібно заповнювати передплатний абонемент
і Вам НЕ будуть доставляти журнал «Сварщик» у 2000 році.**

Передплата журналу «Сварщик» на 2000 рік вже йде у всіх поштових відділеннях України, Росії та Білорусі. Передплатний індекс

Сварщик

22405

піддається корозії під впливом продуктів, що містять соляну кислоту та хлористий цинк.

Для низькотемпературного спаювання сталі використовують припой з великим вмістом свинцю (50–50% або 60–40% олово–свинець), або без свинцю (95–5% олово–срібло або 97–3% олово–мідь).

Низькотемпературне спаювання застосовують для з'єднання елементів, які працюють при температурах, нижчих за 90 °C, і при невеликих вимогах щодо стиснення та розтягу. Міцність на розтяг і стиснення з'єднань, паяних легкоплавким припоям, така ж, як і при спаюванні мідю. Не рекомендується вживання припояв олово–свинець для спаювання деталей, які працюють у корозійному середовищі.

Робоча температура паяних з'єднань може наблизитися до 100 °C при використанні припоя олово–срібло (з вмістом срібла 5%) і навантаженні 60 МПа (6 кг/мм²). Антикорозійна стійкість цього припоя дуже висока, тому їм можна спаювати деталі, які експлуатуються у корозійних середовищах.

Вибір флюсів для низькотемпературного спаювання залежить від антикорозійної стійкості з'єднуваних матеріалів. Взагалі флюси, що застосовують для з'єднання сталі та її сплавів, агресивні. Тому велике значення має ретельна зачистка місць з'єднань після спаювання як запобіжний засіб від майбутнього корозійного руйнування.

При високотемпературному спаюванні всіх типів сталей необхідно застосовувати припой стандартної групи середньоплавких срібних припояв. Основними складовими цих припояв є срібло та мідь, додаються також цинк, кадмій, олово для зниження температури плавлення.

Флюси, які використовують при високотемпературному спаюванні, найчастіше складаються з борної кислоти, фторидів, борнокислої солі фтору. Залишки від спаювання старанно усувають тому, що вони гігроскопічні і можуть спровокувати корозію.

Якщо низькотемпературне спаювання забезпечує необхідну міцність, використовують флюси з мідним компонентом. Флюс наносять на місце з'єднання з наступним його підігрівом. Тонкий шар міді залишається на металі, забезпечуючи процес низькотемпературного спаювання.

При високотемпературному спаюванні одержується добрий результат додаванням бронзи до флюсу.

Спаювання при високих температурах несе небезпеку утворення тріщин внаслідок

Фізичні величини деяких металів

Назва	Символ	Густина, г/см ³	Температура, °C плавлення	Температура, °C кипіння	Тепlopровідність, Вт/(м·К)
Алюміній	Al	2,699	660	2450	221,90
Олово	Sn	7,298	232	2270	62,80
Цинк	Zn	7,14	419	906	113,04
Кадмій	Cl	8,65	321	767	92,11
Мідь	Cu	8,96	1084	2600	393,98
Нікель	Ni	8,902	1452	2730	92,11
Свинець	Pb	11,36	327	1725	34,75
Срібло	Ag	10,49	961	2210	418,68
Золото	Au	19,32	1063	2970	297,26
Залізо	Fe	7,86	1535	3000	75,36

усадки металу, тому нагрівання та охолодження металу повинні проходити поступово. При заводському спаюванні проводять попереднє нагрівання, або процес спаювання ведуть безперервним способом у печах. Рекомендована ширина щілини для з'єднання сплавів заліза становить 0,1–0,3 мм при високотемпературному і близько 0,05–0,20 мм при низькотемпературному спаюванні.

Цинк, олово, свинець. Ці метали часто використовують у чистому вигляді. Вони присутні в захисних покриттях на сталевих елементах та з'єднаннях, стічних та меліораційних трубах, оцинкованій сталі, яка використовується в автомобільній промисловості, де цинкове покриття містить вагомий відсоток свинцю. Їх додають до сплавів міді для покращання властивостей.

Домішки олова та цинку призводять до змін у твердості і температурі плавлення. Завдяки фізичним властивостям олово та цинк є невід'ємними компонентами в легкотермоплавких сплавах.

Алюміній. З кожним роком алюміній все ширше застосовують завдяки своїм цікавим властивостям. Наприклад, питома щільність алюмінію становить лише 1/3 щільності заліза, міді або цинку, а тепlopровідність його в три рази вища від тепlopровідності заліза. Якщо ще взяти до уваги високу антикорозійну стійкість, то стане зрозумілим широке його застосування в холодильній галузі, в будівництві, авіації, тощо.

Крім цілого ряду переваг алюміній має і недоліки. На відміну від інших металів алюмінію властива оксидна плівка на його поверхні, температура плавлення якої вища за температуру плавлення самого металу. Це може викликати проблему при високотемпературному спаюванні алюмінію, коли має місце невелика різниця між температурами плавлення чистого алюмінію (660 °C) та се-

редньоплавкового припоя (575–585 °C). Чистий алюміній краще піддається високотемпературному спаюванню, ніж його сплави. Високий вміст кремнію в сплавах алюмінію призводить до пониження температури плавлення такого сплаву порівняно з іншими сплавами алюмінію. Середньоплавкий алюмінієвий припій складається з кремнію та алюмінію (вміст кремнію становить 12–13%, що дозволяє знизити температуру плавлення цього сплаву). Високотемпературне спаювання алюмінію, який має домішки кремнію, — процес важкий через невелику різницю в температурах плавлення алюмінію та припоя.

Низькотемпературне спаювання створює кращі умови тому, що температура плавлення припоя є нижчою за температуру високотемпературного спаювання. Висока тепlopровідність алюмінію спричинює великі втрати тепла в місцях спаованого з'єднання, що зменшує ймовірність раптового розплавлення алюмінію через перегрівання.

При спаюванні чистого алюмінію низькотемпературними припоями можна одержати високоякісні капілярні з'єднання, які наближаються до мідних за міцністю на стиснення та розтяг. Припой олово–свинець не підходить для алюмінію, через певний час з'єднання розпадаються. Найкращі припой — цинково–кадмієві, їх застосовують також для роботи в корозійних середовищах. Оскільки кадмій — метал отруйний, його використання обмежене. Сплав олово–цинк часом вживають для спаювання деталей, які експлуатуються в некородуючому середовищі. Він дуже вразливий до електрохімічної корозії, що обмежує його застосування.

Флюси, що вживаються при спаюванні алюмінію, мають надзвичайно агресивні властивості. Їх надлишок необхідно усувати з великою обережністю відразу після закінчення спаювання. ■

Проблемы производства и применения полиэтиленовых труб для систем газоснабжения

Украинско-бельгийский научно-технический семинар

А. Н. Шестопал, генеральный директор НПФ «Полимерстрой»

12 мая 1999 г. в Киеве состоялся украинско-бельгийский научно-технический семинар «Проблемы производства и применения полиэтиленовых труб для систем газоснабжения», организованный Госстроем Украины, секцией «Технология и оборудование для сварки пластмасс» Межгосударственного научного совета по сварке и родственным технологиям стран СНГ, научно-производственной фирмой «Полимерстрой» и бельгийской фирмой «Сольвей».

В работе семинара приняло участие более 50 представителей министерств и ведомств, научно-исследовательских и проектно-технологических институтов, предприятий-изготовителей строительных изделий из полимерных материалов 20 городов Украины.

Семинар открыл заместитель Председателя Госстроя Украины А. Ф. Горбатовский. Он отметил актуальность для Украины данного вопроса, остановился на проблемах, требующих решения для эффективного внедрения полиэтиленовых труб в системы газоснабжения.

Среди основных проблем следует выделить организацию в Украине промышленного производства как полиэтиленового сырья для изготовления труб и соединительных деталей газового сортамента, так и полиэтиленовых труб и соединительных деталей для строительства газопроводов, инструментов и оборудования для строительных и ремонтных работ. Важным является наличие отвечающей современным требованиям нормативно-технической документации, регламентирующей проектирование, строительство и эксплуатацию полиэтиленовых газопроводов, наличие квалифицированных кадров, занимающихся проектированием, строительством и эксплуатацией газопроводов из полиэтиленовых труб, современного материально-технического оснащения производственных баз.

Директор представительства фирмы «Сольвей» в Москве В. Д. Альперн проинформировал участников семинара о деятельности фирмы и ее филиала по производству полиэтиленового сырья, ознакомил с европейским и мировым опытом применения полиэтиленовых композиций для изготовления труб и соединительных деталей, используемых в системах Газоснабжения.

Фирма «Сольвей» (штаб-квартира в Брюсселе) включает группу химических и фармацевтических компаний (более 400 отделений в 46 странах мира), действующих в следующих направлениях производства: химическая продукция, пластмассы, переработка пластмасс и лекарственные средства. Фирма «Сольвей», имеющая более чем

40-летний опыт по производству композиций на основе полиэтилена для изготовления труб и соединительных деталей для газопроводов, является одним из крупнейших мировых производителей указанного сырья. Поэтому, остановившись на некоторых вопросах организации в Украине промышленного производства полиэтиленовой композиции для изготовления труб газового сортамента на основе базовой марки полиэтилена, выпускаемого ОАО «Концерн «Ориана» (Калуш Ивано-Франковской обл.), он подчеркнул, что фирма «Сольвей» на согласованных условиях готова оказать всю необходимую техническую помощь для превращения ОАО в крупнейшего производителя композиции на основе полиэтилена ПЭ 80.

Менеджер по разработке и испытаниям полиэтилена трубных марок фирмы «Сольвей» К. Мари рассказал об ассортименте выпускаемых фирмой «Сольвей» полиэтиленовых композиций трубных марок, технико-экономических преимуществах полиэтиленовых композиций на базе ПЭ 100, современном состоянии международной и европейской стандартизации, применяемых в газоснабжении труб из полиэтилена, а также опыте европейских стран по строительству и эксплуатации полиэтиленовых газопроводов.

Менеджер по полимерам московского представительства фирмы «Сольвей» Г. Б. Барсамян ознакомил участников семинара с применяемыми в европейских странах методами восстановления подземных трубопроводов с использованием полиэтиленовых труб.

Доклады украинских специалистов были посвящены проблемам, решение которых предусматривалось мероприятиями Постановления КМ Украины № 726 от 10 июля 1997 г. «О производстве и применении полиэтиленовых труб при строительстве и реконструкции газовых сетей в сельской местности».

Заместитель председателя правления ассоциации «Укрсельгаз» А. П. Мазарчук проинформировал о состоянии и перспективах выполнения работ по газификации сельских населенных пунктов Украины с применением полиэтиленовых труб, сообщил о размерах госбюджетного финансирования, выделяемого на эти работы.

Главный инженер института «УкрНИИ-инжпроект» И. П. Бабенко рассказал о разработке государственных строительных норм Украины (ДБН) «Газоснабжение», введение которых планируется взамен СНиП 2.04.08-87 «Газоснабжение» и СНиП 3.05.02-88 «Газоснабжение».

В докладе генерального директора НПФ «Полимерстрой» А. Н. Шестопала были освещены вопросы разработки в Украине нормативной документации для промышленного производства полиэтиленовых труб и соединительных деталей, пересмотра нормативной документации, регламентирующей аттестацию сварщиков и сварочного оборудования.

Особое внимание было уделено проблеме обеспечения качества сварных стыковых соединений при строительстве газопроводов из полиэтиленовых труб, которая в отличие от Российской Федерации решается не введением ультразвуковой дефектоскопии сварных соединений, а системой подготовки и аттестации сварщиков, технического осмотра и аттестации сварочного оборудования.

При соблюдении технологических параметров сварочного процесса три способа, разрешенные к применению при строительстве полиэтиленовых газопроводов (сварка нагретым инструментом встык, сварка нагретым инструментом враструб, терморезисторная сварка), обеспечивают требуемую эксплуатационную надежность систем газоснабжения. Однако вероятность появления дефектов при терморезисторной сварке ниже, что обусловлено отсутствием «человеческого фактора», поскольку этот метод сварки осуществляется автоматически и не сварщиком, а оператором, который проводит только сборку соединений под сварку. По зарубежным данным, например фирмы «Газ де Франс», дефекты соединений при терморезисторной сварке могут составлять около 2% от всех сваренных соединений. К тому же этот метод в настоящее время малопригоден для строительных организаций Украины из-за дороговизны соединительных деталей, нерешенности вопросов сервисного обслуживания, ремонта, наладки и аттестации сварочных аппаратов (соединительные детали и сварочные аппараты покупаются только у зарубежных фирм), а также отсутствия нормативного документа на производство сварочных работ.

Выступавшие отметили незэффективность применения существующих методик ультразвуковой дефектоскопии для контроля качества сварных стыковых соединений полиэтиленовых труб, необходимость четкой регламентации Госнадзорохранных органов порядка перехода промышленного производства полиэтиленовых труб для газопроводов с требованиями ТУ У В.2.5-21547843.1-97 на требования ДСТУ Б В.2.7-73-98, разработки и передачи проектным организациям рекомендаций по замене стальных газопроводов полиэтиленовыми. ■

Центрорезы — надежный бизнес

Э. М. Эсибян, канд. техн. наук, ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины

При изготовлении различных металлоизделий часто возникает необходимость точной фигурной резки заготовок из тонколистового и профильного проката, выполнение которой механическими средствами трудоемко. При толщинах металлов свыше 6 мм становится проблематичной и прямолинейная резка проката гильотинами, ножницами и прочими механическими средствами.

Альтернатива механического способа — термическая резка. Наиболее прогрессивным способом термической резки является воздушно-плазменная, которая в сравнении с газокислородной:

- универсальна применительно к любым видам металлов (газокислородной резке не поддаются легированные стали, цветные металлы);
- экономичнее по затратам, т. к. не требует баллонного кислорода, карбида кальция;
- производительнее по скоростям резки;
- в совокупности со специальными приспособлениями и механизмами обеспечивает высокую точность и чистоту кромок реза в широком диапазоне толщин (0,5–50 мм).

Приобретение специального оборудования и освоение технологии воздушно-плазменной резки при небольших объемах работ экономически не оправдано. В связи с этим возникла идея создания в каждом промышленном центре предприятий, специализирующихся на качественной плазменной резке («Центрорезы»). Их услугами могут пользоваться многие малые предприятия, городские коммунальные хозяйства, районные предприятия по ремонту сельхозтехники и пр. При больших объемах перерабатываемого металла «Центрорезам» целесообразно производить работу на площадях заказчика с доставкой оборудования на место производства работ, при малых же объемах — на площадях «Центрорезов».

Традиционный разработчик и изготовитель установок для воздушно-плазменной резки металлов НПМГП «Плазмотрон» НТК «ИЭС им. Е. О. Патона» предлагает «Цент-

Таблица. Технические характеристики установок для воздушно-плазменной резки

Показатель	«Дуплекс-1»	«Дуплекс-2»	«Киев-5»	«Киев-8»
Напряжение питающей сети, В	Однофазное 220 ^{+5%} _{-10%}	Трехфазное 380 ^{+5%} _{-10%}	Трехфазное 380 ^{+5%} _{-10%}	Трехфазное 380 ^{+5%} _{-10%}
Продолжительность включения, ПВ%	60	60	100	100
Потребляемая мощность, кВт	2–6	3–10	20	30
Максимальная толщина разрезаемых металлов, мм:				
сталь, алюминий	10	20	50	65
медь	3	5	10	15
Пределы регулирования тока, А:				
при резке	20–30	30–85	100–140	140
при сварке	40–160	40–160	—	—
Масса, кг	30	100	200	280
Габаритные размеры, мм	280×600×365	350×580×1060	950×635×590	630× ×680×1103
Расход воздуха при давлении 0,4–0,6 МПа, л/мин	40	50	100	100

рорезам» свои установки третьего поколения (таблица).

Установки могут поставлять в трех исполнениях: для ручной, механизированной резки и в универсальном исполнении. Установки «Дуплекс», кроме резки, обеспечивают ручную электродуговую сварку плавящимися и неплавящимися (вольфрамовыми) электродами.

Другое важное направление работ «Центрорезов» — разделка устаревшей техники на металлом. Опыт показывает, что для разделки судов, самолетов, железнодорожных вагонов, бронемашин и пр. наиболее экономичными и надежными средствами резки являются представленные в таблице воздушно-плазменные установки «Киев-5» и «Киев-8» в ручном исполнении.

Уверенность в выборе «Центрорезов» в качестве объектов предпринимательской деятельности придают следующие предпосылки:

1. Качественная чистовая резка, не

требующая или сводящая к минимуму последующую механическую обработку деталей, всегда нужна производственным предприятиям, а высококонцентрированная воздушно-плазменная струя является наилучшим и наиболее экономичным инструментом для этих целей.

2. В Украине, как и в других странах СНГ, большая часть техники устарела, и на обозримое ближайшее время резка на металлом останется актуальной проблемой. К тому же с помощью данной технологии решаются вопросы экологии (очистка от металломусора) и обеспечения сырьем металлургических заводов.

Предпринимателям, желающим организовать новое перспективное дело, НПМГП «Плазмотрон» готов оказать всестороннее содействие в выборе и поставке необходимого оборудования, передаче технологических «ноу-хау», экономических аспектов организации производства, подготовке специалистов и пр. ■

Установка для термической обработки сварных соединений паропроводов нагревателями комбинированного действия

Основным способом термической обработки сварных соединений труб паропроводов из сталей 12Х1МФ и 15Х1МФ диаметром более 108 мм и толщиной стенки более 10 мм является индукционный нагрев (РД 34.15.027-93). В качестве нагревателя применяют индуктор — многожильный медный провод сечением от 70 до 240 мм². Индуктор рассчитан на 80–100 ч работы и способен выдержать 15–20 циклов нагрева при отпуске. Поскольку медь дефицита и имеет высокую стоимость, перспективной является термическая обработка сварных соединений электронагревателями КЭН-2 и КЭН-3 комбинированного действия, срок службы которых составляет до 250 ч при высоком отпуске.

В ОП ПРП «Ульяновскэнергомонт» разработана установка управления процессом нагрева электронагревателями комбинированного действия УУПН, предназначенная для обработки одиночных сварных соединений. В состав установки входят источник питания (сварочный трансформатор ТДМ-503У2), блок управления и регистрации температуры, термопары ТХА, электронагреватели КЭН-2 и КЭН-3, каолиновые маты ВКМ, соединительные кабели.

Техническая характеристика установки:

Напряжение питающей сети, В 380
Пределы изменения тока электронагревателей, А:

КЭН-2 80–120
КЭН-3 200–300

Регистрируемая температура нагрева, °С 1000

Погрешность отклонения от заданной

температуры, % ±2

Скорость нагрева, °С/ч 100–1000

Масса, кг:

трансформатора 170

блока управления и регистрации

температуры 50

Габаритные размеры, мм:

трансформатора 555×585×888

блока управления и регистрации

температуры 400×500×750

Основным элементом блока управления и регистрации температуры является выпускаемый промышленностью регистрирующий прибор РП 160–13. Заданную температуру устанавливает оператор на задатчике РП 160–13 (для стали 12Х1МФ температура отпуска составляет 735 ± 15 °С). При достижении заданной температуры прибор ИП1 формирует сигнал — команду на отключение сварочного трансформатора $T_{рсв}$ через магнитный пускатель К (рис. 1). При

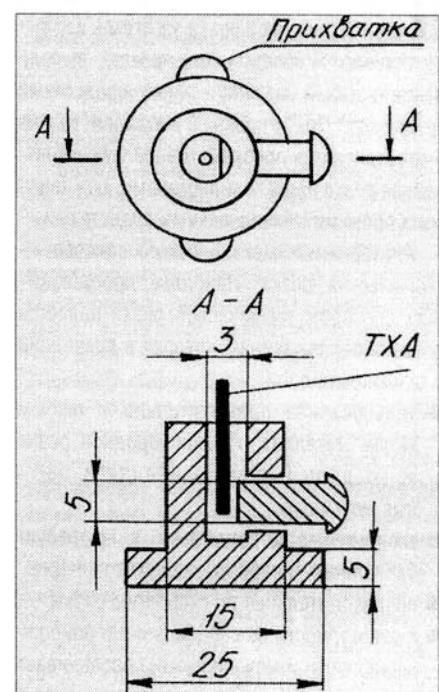


Рис. 2. Винтовое крепление термопары

охлаждении формируется команда на включение сварочного трансформатора. Значения тока КЭН измеряют амперметром, подключенным к трансформатору тока $T_{р1}$. Требуемое значение тока устанавливают регуляторами. Температура контролируется термопарой ТХА, подключенной к прибору ИП1. В сварном шве термопару закрепляют с помощью винтового крепления (рис. 2), при этом в отличие от заеканки и болтового соединения снижается погрешность измерения температуры и не повреждается термопара.

Применение установки позволяет упростить управление процессом нагрева и обеспечить высокое качество при выполнении подогрева и отпуска одиночных сварных соединений. ■

С. Г. Паршин,

ОП ПРП «Ульяновскэнергомонт»

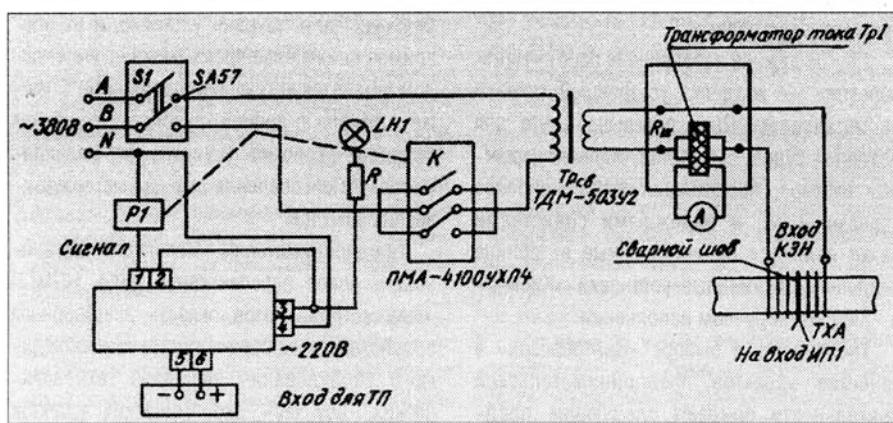


Рис. 1. Установка для термической обработки сварных соединений паропроводов электронагревателями комбинированного действия

Двусторонняя дуговая сварка увеличивает проплавление

Время сварки и подготовки соединения под сварку — наиболее важные факторы, определяющие производительность и стоимость сварочных работ. В том случае, когда сварку производят за один проход, производительность процесса будет зависеть в первую очередь от скорости сварки. С увеличением толщины свариваемых кромок необходимо увеличивать число проходов, вследствие чего возрастает стоимость подготовки кромок и время сварки. Лазер и электронный луч могут обеспечить более глубокое проплавление, чем электрическая дуга. Но стоимость этих методов весьма высока, и поэтому их применение не всегда оправдано.

Предложен новый метод двусторонней сварки, который позволяет увеличить глубину проплавления без значительного возрастания затрат. При обычной односторонней пла-

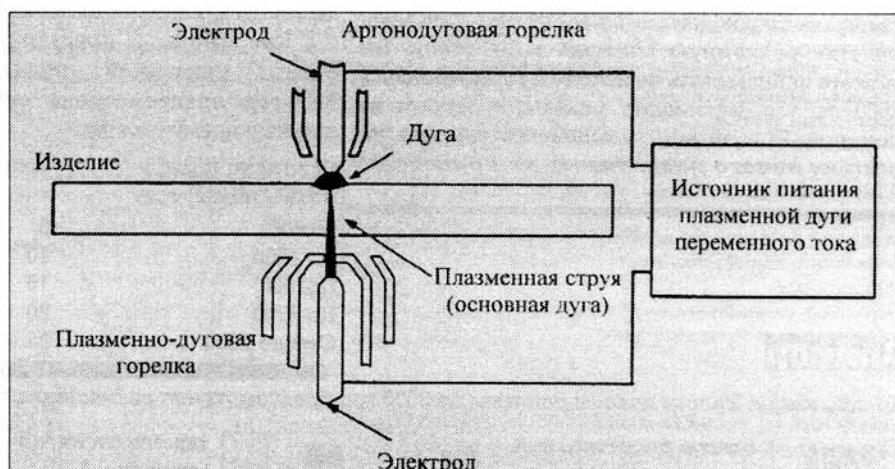


Рис. 2. Схема двусторонней сварки двумя горелками

менной сварке может происходить отклонение дуги из-за того, что заземляющий провод подсоединен к детали на значительном удалении от стыка (рис. 1). Двустороннюю сварку выполняют одновременно двумя горелками, одна из которых плазменная, а вторая — для аргонодуговой сварки неплавящимся электродом. Горелки располагают на одной оси. Ониются от одного источника тока, при этом изделие остается электрически нейтральным (рис. 2). Ток течет через зазор стыка свариваемых деталей, в результате значительно увеличивается проплавление. Кроме того, как установлено исследованиями, при такой сварке вследствие действия собственного магнитного поля плазменная дуга становится более концентрированной, что также способствует увеличению проплавления.

Новый метод был опробован при сварке алюминиевого сплава 5454. Испытания показали, что сварные соединения из этого сплава, выполненные двусторонней сваркой,

имеют высокие прочностные свойства: предел прочности 245 МПа, относительное удлинение 18,1%. Эти показатели находятся на одном уровне с аналогичными показателями отожженного сплава 5454. При обычной односторонней сварке в защитных газах сварные соединения имели предел прочности 234 МПа и относительное удлинение 17%.

Существенным ограничением применения предлагаемого метода сварки является обязательный доступ к свариваемому изделию с двух сторон. Однако, как считают авторы, ввиду широкого распространения сварки в промышленности есть много примеров изделий, у которых обе стороны легко доступны. ■

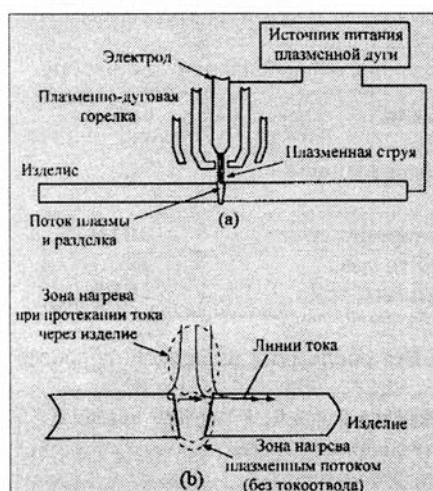


Рис. 1. Схемы односторонней плазменной сварки (а) и воздействия дуги на свариваемое изделие при односторонней сварке (б)

Если Вы **НЕ** хотите оставаться компетентным специалистом, если Вы **НЕ** заинтересованы в успехе вашего дела, то Вам **НЕ** нужно обращаться в ближайшее почтовое отделение, то Вам **НЕ** нужно заполнять подписной абонемент и Вам **НЕ** будут доставлять журнал «Сварщик» в 2000 году.

Подписка на журнал «Сварщик» на 2000 год уже идет во всех почтовых отделениях Украины, России и Беларусь. Подписной индекс

Сварщик

22405