

От стабилизации сварочного производства к его развитию

В. А. Крупенев, директор НИПКТИ ОАО "АЗОВ" (Мариуполь)

Экономические реформы в Украине потребовали изменения структуры концерна "Азовмаш": на базе концерна организовано ОАО "Азов" и самостоятельные подразделения ОАО "Головной специально-конструкторско-технологический институт", ОАО "Азовобщемаш", ОАО "Мариупольский термический завод".

В структуре ОАО "Азов" — производственные фирмы "Азоввагон", "Мариупольтяжмаш", завод нагревательной аппаратуры (ЗНА), научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт (НИПКТИ).

Стратегию и тактику развития на современном уровне заготовительного и сборочно-сварочного производства в концерне определяет НИПКТИ. Отделы заготовительного и сборочно-сварочного производства института совместно со сварочными лабораториями Опытного производства определяют и реализуют техническую политику в области сборки и сварки металлоконструкций.

При изготовлении сварных конструкций немаловажную роль играет заготовительное производство. В ОАО "Азов" оно сосредоточено в заготовительных цехах фирм "Азоввагон" и "Мариупольтяжмаш", оснащенных высокопроизводительным оборудованием — гильотинными ножницами для резки металла толщиной реза от 1 до 20 мм, правильным и листогибочным оборудованием, листоштамповочными прессами усилием 400—10 000 кН, газорезательными машинами с ЧПУ ("Омнимат", "Танака") для термической резки металлопроката с толщиной от 4 до 300 мм. Особое внимание уделяется технологиям изготовления заготовок с использованием газорезательного оборудования. Применение широкопортальных многорезаковых газорезательных машин с ЧПУ (рис. 1) позволило повысить точность изготавливаемых деталей. Благодаря внедрению автома-

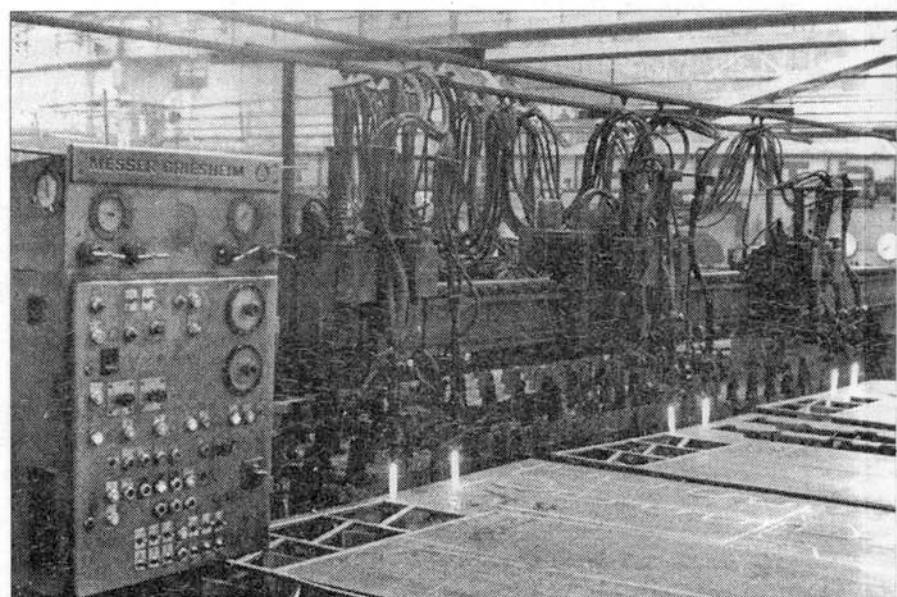


Рис. 1. Широкопортальная многорезаковая газорезательная машина с ЧПУ

тизированной системы раскроя металлопроката с программирующими центрами РСЕ-516 и МС-16 увеличился коэффициент использования металлопроката: при изготовлении железнодорожных вагонов — до 0,91, металлургического и кранового оборудования — до 0,83.

В новых экономических условиях пришлось пересмотреть номенклатуру выпускаемой продукции и уделить большее внимание товарам широкого потребления. Освоен выпуск газовых и электрических плит, водонагревательных газовых колонок, полуприцепов-цистерн для транспортировки жидких нефтепродуктов, контейнеров-цистерн из низколегированных и нержавеющих сталей и др.

Новая номенклатура выпускаемых изделий потребовала изменений в заготовительном производстве. При переходе от производства изделий с использованием металла средних и больших толщин к изделиям с толщиной металлопроката 0,5—6 мм стало

проблематичным применение автоматизированных газорезательных линий для получения качественных заготовок.

Несмотря на финансовые трудности, приобретена и внедрена линия лазерной резки "Лазурит-2,5", позволяющая производить резку деталей сложной конфигурации практически любых материалов: металлопроката толщиной до 6 мм, дерева — до 20 мм, пластмассы — до 20 мм. Скорость резки в зависимости от материала составляет 12—360 м/ч. При использовании линии поверхность реза не требует последующей обработки, на раскройном столе установки можно размещать листы размером 2500×6000 мм.

ОАО "Азов" остается одним из крупнейших производителей сложных сварных металлоконструкций ответственного назначения с применением автоматической сварки под флюсом и полуавтоматической в защитных газах. Для сварки под флюсом в вагоностроении применяют сварочные автоматы

А 1416 и А 1412 в комплекте с источниками питания постоянного тока ВДУ-1201 и ВДУ-1202, флюсы АН-60, АН-47, АН-348А, АН-26 и др. Модернизация сварочного оборудования, проведенная в ОАО "Азов", обеспечила его устойчивую работу и получение стабильного качества сварных швов.

Наиболее широко применяемым способом сварки в среде защитных газов является сварка в углекислом газе. При сварке коррозионностойких сталей, цветных металлов и алюминиевых сплавов используют способы сварки плавящимся и неплавящимся электродами в инертных газах (argonе и гелии), обеспечивающие высокое качество сварных швов.

Для изготовления ряда изделий находят применение специальные методы обработки металлов: электронно-лучевая сварка, лазерная резка металлов и неметаллов, металлизация. Совместно с ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины разработана и внедрена единственная в мировой практике технология изготовления специальных заготовок способом электрошлакового обогрева и литья (ЭШО) (рис. 2).

Существующие технологии и оборудование электрошлаковой сварки используют в производстве металлургического оборудования, обжиговых печей, сосудов высокого давления и пр. Специалисты ОАО "Азов" совместно с ИЭС им. Е. О. Патона работают над перспективами качественного улучшения конвертерного и металлургического оборудования, модификацией электрошлаковых технологий и аппаратов.

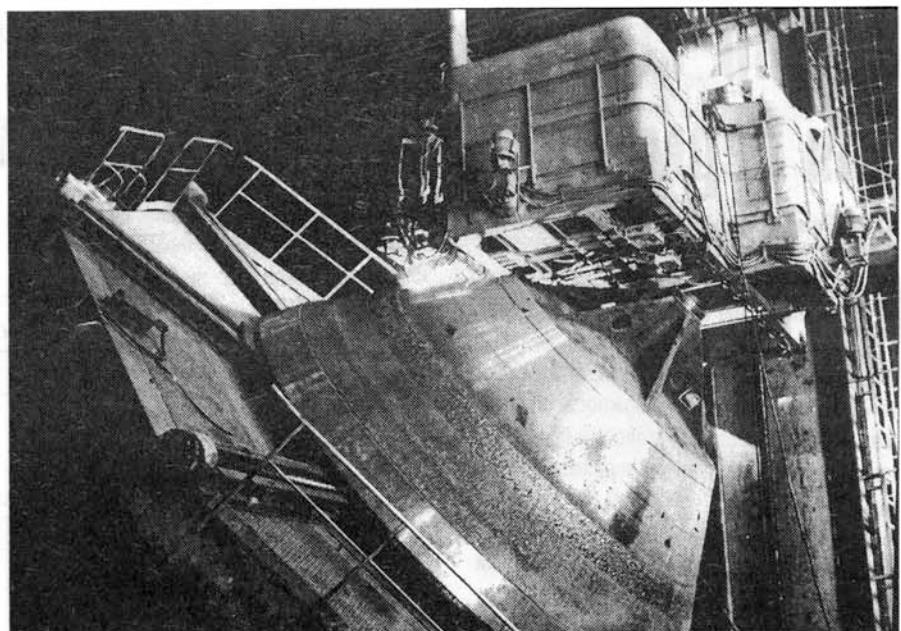


Рис. 3. Установка для многослойной наплавки лентой деталей доменного оборудования

При создании уникальных сварных металлоконструкций для роторных комплексов, порталных и мостовых кранов, перегрузчиков различных типов контрольную сборку крупногабаритных узлов выполняют в специализированных сборочных цехах. Разработана специальная технология сборки и сварки крупных узлов с выделением отдельно балочных, коробчатых подузлов и элементов полотнищ, что позволило использовать дуговые механизированные способы сварки и повысить уровень механизаций сварки до 65%.

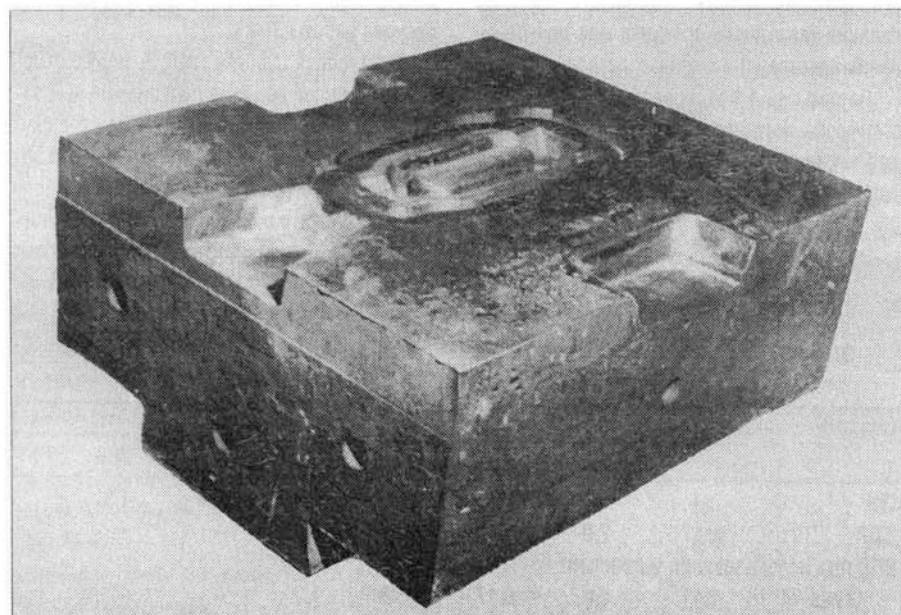


Рис. 2. Заготовка штампа, выполненная способом ЭШО

На предприятии усовершенствованы технология автоматической наплавки засыпных аппаратов (рис. 3) и составы износостойких наплавочных материалов.

Для обеспечения конкурентоспособности продукции на мировом уровне необходимо постоянно совершенствовать сварочное производство и использовать новые технические решения. Так, совместно с фирмой "Радис" (Москва) внедрены адаптивные сварочные роботы модульной системы ПАРС для сварки под флюсом изделий толщиной от 4 до 200 мм с адаптацией по положению шва в пространстве. При работе в режиме установочной адаптации возмущающие факторы для следящих систем (прихватки, депланации кромок, зазоры и пр.) не оказывают влияния на точность направления электрода по шву. В память робота заложен банк режимов сварки, которые можно вызывать при обучении либо непосредственно в процессе сварки. С применением системы ПАРС объем ремонта швов снизился на 50%, производительность труда возросла в 1,5–2 раза.

Маркетинговая служба ОАО "Азов" постоянно изучает потребности современного машиностроительного рынка в продукции концерна и обеспечивает загрузку его основных производственных мощностей. Это позволяет не только поддерживать существующие технологии в дееспособном состоянии, но и вести перспективные разработки в области сварки и смежных технологий. ■

Выбор способов и оборудования для термической резки металлов

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

Механические способы резки металлов (гильотинами, дисковыми пилами, вибромоножницами и пр.) ограничены малыми толщинами, возможностью лишь прямолинейной резки листового и профильного проката, цеховыми условиями выполнения работ.

Поэтому термические способы резки не заменимы при разделке устаревшей техники на металлом, в заготовительных цехах машиностроительных и судостроительных предприятий, в ремонтном, строительном производстве и пр.

Наиболее широкое применение получили такие способы термической резки, как газокислородная (ГКР) и воздушно-плазменная (ВПР). В последнее время в средствах технической информации рекламируют и электродуговую полуавтоматическую резку порошковой проволокой (ЭДР).

ВПР имеет лучшие показатели по плотности энергии и температуре режущей струи (табл. 1). Наряду с высокими энергетическими показателями плазменная струя обладает наиболее высоким динамическим напором, что в совокупности обуславливает значительные преимущества ВПР перед ГКР и тем более ЭДР по скоростным показателям резки (табл. 2), причем в сравнении с ГКР они проявляются на толщинах не более 50–60 мм, ЭДР же уступает обоим способам на порядок.

Наряду со скоростными показателями была произведена сравнительная оценка первоначальных затрат на закупку оборудования, а также эксплуатационных затрат на 1 пог. м реза по всем трем способам резки (табл. 3).

При ГКР организация поста резки, включая закупку резаков типа РГР с запчастями, кислородных и ацетиленовых шлангов, ацетиленового генератора, батареи кислородных баллонов, редукторов и пр., требуется около 3800 грн. (по ценам на 01.04.99 г.). Затраты на оборудование для ЭДР, включая полуавтомат ПШ-107 В с доработкой под процесс резки порошковой проволокой, сва-

Таблица 1. Энергетические параметры источников теплоты термических способов резки

Параметры режущей струи (дуги)	ГКР	ЭДР	ВПР
Плотность теплового потока, Вт/см ²	10 ⁴	10 ⁵ –10 ⁶	10 ⁶ –10 ⁷
Температура, 10 ³ К	3–4	6–7	14–16

Таблица 2. Скорость резки¹ малоуглеродистой стали, м/мин

Способ	Толщина разрезаемой стали, мм						
	5	10	20	40	60	100	200
ГКР	0,5	0,45	0,35	0,28	0,25	0,16	0,1
ЭДР ²	0,3	0,16	0,07	0,02	0,02	0,01	–
ВПР ³ при использовании установки:							
"Киев-5"	4,0	1,7	0,7	0,25	0,1	–	–
"Киев-9"	5,5	2,2	1,1	0,4	0,2	–	–

¹ Данные по скоростным показателям и расходу материалов на 1 пог. м реза предоставили: по ГКР — проф. В. Н. Корж, по ЭДР — канд. техн. наук В. Г. Печак.

² Для толщины 60 и 100 мм — с воздушным дутьем вдоль оси проволоки.

³ В установке "Киев-5" воздушное охлаждение резака, ток резки 100–140 А. в экспериментальной установке "Киев-9" — водяное, ток резки 200 А.

рочный выпрямитель ВС-632 и компрессор, составляют около 8000 грн., затраты на закупку установки для ВПР "Киев-5" с компрессором — 14000 грн.

В эксплуатационные затраты ГКР входят: стоимость кислорода (11 грн. за баллон 6,2 м³), его транспортировки, стоимость карбида кальция (исходного продукта для приготовления ацетилена) и сменных деталей (сопел).

Затраты на 1 пог. м реза ЭДР включают: стоимость порошковой проволоки (3,5 грн. за 1 кг), расходы на электроэнергию (из расчета потребляемой мощности 22 кВт и стоимости электроэнергии 0,13 грн. за 1 кВт·ч).

Затраты на ВПР состоят из расходов на

электроэнергию из расчета потребляемой мощности установкой "Киев-5" 20 кВт, экспериментальной установкой "Киев-9" 40 кВт и компрессором 3 кВт, а также расходов на сменные детали плазменного резака (электроды и сопла с учетом их совокупной стоимости 14 грн. и суммарного ресурса работы 3–4 ч).

Анализируя данные табл. 3, можно отметить, что более высокие первоначальные затраты на оборудование для ВПР быстро окупаются за счет низких эксплуатационных затрат на материалы и электроэнергию. Если же в эксплуатационные затраты включить стоимость рабочей силы (а она более весома

Таблица 3. Эксплуатационные затраты на материалы, электроэнергию и горючие газы из расчета на 1 пог. м реза малоуглеродистой стали, грн. (на 01.04.99 г.)

Способ	Толщина разрезаемой стали, мм					
	10	20	40	60	100	200
ГКР	1,0	1,3	1,6	1,8	2,8	4,5
ЭДР	2,0	4,15	8,9	12,5	—	—
ВПР при использовании установки:						
"Киев-5"	0,07	0,17	0,48	1,2	—	—
"Киев-9"	0,1	0,2	0,56	1,3	—	—

в составляющих затрат), то, учитывая значительные преимущества ВПР по производительности (скоростным показателям), окупаемость затрат на оборудование при ВПР, как показывает производственный опыт, составляет не более 3 мес.

К важным преимуществам ВПР следует отнести также универсальность этого процесса по отношению к видам металлов

показателей может быть рекомендована как способ резки лишь там, где она в небольших объемах сопутствует преимущественно сварочным работам.

Учитывая, что металлоконструкции в подавляющем большинстве случаев состоят из металлов малых и средних толщин (до 40 мм), скоростные и экономические преимущества ВПР ставят этот способ на первое

"Airjet-100", LPE-50) максимальная толщина резки достигается на форсированных токах при низком периоде работы (ПВ=35...40% при цикле 10 мин), что практически не позволяет эффективно использовать эти установки для резки листов указанных максимальных толщин. Лишь в установках "Дуплекс-1", "Дуплекс-2", "Карат-100M" максимальная толщина резки обеспечивает-

Таблица 4. Технические показатели установок с воздушным охлаждением плазменных резаков для ВПР металлов толщиной до 30 мм

Показатель	УПВР-	УПВР-	"Карат-	"Карат-	"Airjet-	"Airjet-	LPE-50	LPE-100	"Дуплекс-1"	"Дуплекс-2"
	0401	0901	60"	100M"	60"	100"				
ОАО "Фирма СЭЛМА" (Симферополь)			Фирма "Енагро-Торец" (Константиновка Донецк. обл.)		Фирма "Castolin" (Швейцария)		Фирма "ESAB" (филиал в Германии)		НПМГП "Плазматрон" НТК "ИЭС им. Е. О. Патона" (Киев)	
Потребляемая мощность, кВт	9	16	8	32	9	16	10	30	2-5	3-10
Номинальный ток, А	40	90	60	100	60	100	50	100	30	90
Период работы ПВ, %	40	40	35	100	35	35	35	60	60	60
Максимальная толщина резки стали и алюминия, мм	5	30	10	25	15	30	15	30	10	25
Масса, кг	40	125	80	200	18	28	90	185	25	110
Расход воздуха при давлении 0,4-0,6 МПа, л/мин	120	150	200	210	130	180	130	180	40	50

(легированные стали и цветные металлы не поддаются ГКР или требуют применения специальных присадочных порошков, что усложняет процесс).

Недостатком ВПР является ограниченность этого способа по толщине разрезаемых металлов. Можно рекомендовать выполнение ВПР для толщин до 60 мм, а ГКР — от 60 до 300 мм. При разделке на металлом рекомендуем комбинировать оба способа там, где есть определенный объем резки толщин свыше 60 мм. В этом случае объем работ, приходящих на ВПР, значительно выше (80-90%), поэтому в целом экономический эффект от применения ВПР получается достаточно высоким. ЭДР в силу низких скоростных и экономических

место в ряду способов термической резки. В настоящее время в различных сферах производства превалирует ручная ВПР. При этом качество кромок реза, выполненного воздушно-пламенным способом, не уступает качеству при ГКР.

Рынок Украины широко представлен разнообразными установками для ВПР. Однако большинство фирм-посредников предлагают импортную технику и лишь немногие фирмы — установки отечественного производства и еще реже — собственного.

Анализируя основные показатели технического уровня установок малой мощности для ВПР (табл. 4), следует отметить следующее. В большинстве установок (УПВР-0901, "Карат-60", УПВР-0401, "Airjet-60",

сия при ПВ=60...100%, достаточном для эффективной работы по указанным толщинам. Установки "Дуплекс-1" и "Дуплекс-2" выгодно отличаются от всех отечественных и зарубежных аналогов своей универсальностью. Их можно легко переключить на ручную электродуговую сварку плавящимися штучными электродами, а также на сварку в аргоне неплавящимся вольфрамовым электродом при прямой и обратной полярности электрода на постоянном, плавно регулируемом токе 30-160 А. Стоимость их ниже стоимости представленных аналогов. Кроме того, эти установки отличаются меньшим расходом электроэнергии и воздуха.

Среди установок средней мощности для ВПР (табл. 5) очевидны преимущества

Таблица 5. Технические показатели установок для ВПР металлов толщиной до 60 мм

Показатель	"Карат-200-802"	ППР-200	"Киев-5"	"Киев-8"
	Фирма "Енагро-Торец" (Константиновка Донецк. обл.) (Киев)	ОЗСО ИЭС им. Е. О. Патона	НПМГП "Плазматрон" НТК "ИЭС им. Е. О. Патона" (Киев)	
Потребляемая мощность, кВт	45	45	23	30
Номинальный ток, А	200	200	120	140
Период работы, ПВ, %	100	60	100	100
Максимальная толщина резки стали и алюминия, мм	50	60	45	65
Масса, кг	300	300	190	250
Расход воздуха при давлении 0,4-0,6 МПа, л/мин	100	50	100	100
Охлаждение плазменного резака	Водяное	Водяное	Воздушное	Воздушное

Выбор способов и оборудования для термической резки металлов

"Киев-5" и "Киев-8". При меньшей потребляемой мощности и 100% ПВ они обеспечивают максимальную толщину реза, не меньшую чем их аналоги, при этом оснащены оригинальными плазменными резаками с воздушным охлаждением, обеспечивающим при обычных давлениях компрессоров (0,4–0,6 МПа) минимальный расход воздуха (до 100 л/мин). Известно, что воздушное охлаждение резаков исключает необходимость применения в установках блоков высокочастотного поджига дуги, блоков замкнутого водяного охлаждения, значительно повышает надежность установок, решает проблему их эксплуатации в зимних условиях.

Особенностью установок типа "Дуплекс" и "Киев" является возможность резки под слоем воды; поэтому установки "Дуплекс", учи-

тывая их универсальность, можно эффективно использовать при ремонте тепловых водяных и газовых трубопроводов, заполненных водой, а также в пищевой и химической промышленности (при ремонте сооружений из нержавеющих сталей и алюминиевых сплавов), на предприятиях по ремонту сельхозтехники, автомобилей, на металлобазах.

Установки "Киев-5" и "Киев-8" благодаря простоте и надежности, возможности работы в любых климатических условиях и сравнительно низкой стоимости эффективно применять в первую очередь при разделке крупногабаритных сооружений на металлом, в т. ч. сооружений, полузатопленных водой.

Из сказанного можно дать следующие рекомендации для выбора способа термической резки:

- прежде всего следует руководствоваться диапазоном толщин и объемами перерабатываемых металлов;
- при больших объемах резки металлов любых видов толщиной до 60 мм по всем экономическим показателям предпочтительнее способ ВПР, а из установок для

ВПР наиболее просты, надежны в эксплуатации в любых климатических условиях установки с воздушным охлаждением плазменных резаков (при ПВ не менее 100%);

- для работ с наибольшим объемом резки металла толщиной свыше 40 мм следует использовать оборудование ВПР (с ПВ=100%) в сочетании с ГКР;
- при производстве ремонтных и строительных работ, где фактор времени, быстрое переключение с резки на сварку, легкость и мобильность оборудования имеют решающее значение, вполне обоснован выбор универсальных установок типа "Дуплекс", которые к тому же не уступают по параметрам резки своим отечественным и зарубежным аналогам, но по стоимости значительно дешевле их;
- способ ЭДР, уступающий по скоростным и экономическим показателям ВПР и ГКР, может быть рекомендован лишь для особых условий, например, когда резка в небольших объемах сопутствует преимущественно полуавтоматической электродуговой сварке. ■

Аппаратура для кислородной резки металла в машиностроении

М. М. Лилько, главный конструктор АО "Эффект" (Одесса)

Кислородная резка металла была разработана в начале XIX в. русским ученым Н. Н. Бенардосом и после создания промышленных методов получения, хранения и транспортировки кислорода и горючих газов превратилась в ряде производств в основной технологический метод изготовления деталей. Теоретическими разработками занимался ВНИИ "Автогенмаш" (Москва) и ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины. Промышленное производство в основном было сосредоточено в таких городах:

- Одессе, НПО "Кислородмаш" — крупные газорежущие машины;
- Николаеве, НПО "Кристалл" — газорежущие машины для судостроения;
- Кировакане, завод "Автогенмаш" — малогабаритные газорежущие машины и аппаратура для ручной резки.

В последние годы возникли новые фирмы по производству газорежущего оборудо-

вания. В Одессе на базе НПО "Кислородмаш" образовались две фирмы — "Техмаш" (производство крупных газорежущих машин) и АО "Эффект" (производство аппаратуры для машинной и ручной газопламенной обработки металла, в том числе и оборудования для резки металла в установках непрерывной разливки стали). Наличие в производстве большого количества устаревшей газорежущей техники потребовало создания современной унифицированной аппаратуры (резаков), которая подходила бы ко всем газорежущим машинам, в т. ч. и импортным.

Такими являются резаки серии "Эффект" для машинной термической резки. Резаки "Эффект-М" выпускают в двух модификациях:

- диаметр ствола 28 мм с рейкой (рис. 1);
- диаметр ствола 32 мм без рейки с воздушным обдувом (рис. 2).

Все резаки имеют унифицированные вентильные группы (вентили кислорода подо-

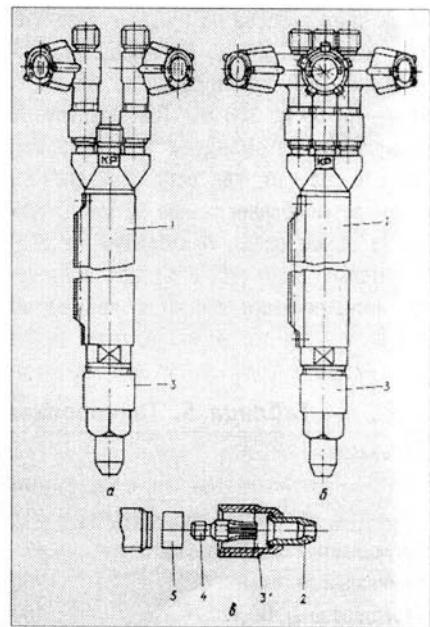


Рис. 1. Резак "Эффект-М" с рейкой:
а — резак "Эффект 2-28-L", б — резак "Эффект 3-28-L", в — мундштук резака "Эффект-М" (1 — ствол резака; 2 — гильза; 3 — накидная гайка; 4 — ствол; 5 — камера)

ТЕРМИЧЕСКАЯ РЕЗКА

гревающего, режущего и горючего газа) и отличаются резьбами и наличием трехзаходного шпинделя в вентиле режущего кислорода.

Стволы выпускают четырех типоразмеров длиной 210, 246, 342 и 425 мм. Это дает возможность получить 24 основных исполнений резаков, например, резак "Эффект 2-28-246" — двухвентильный со стволов диаметром 28 мм, длиной 246 мм, резак "Эффект 3-28-246" — трехвентильный тех же параметров; резак "Эффект 2-32-425" — двухвентильный со стволов диаметром 32 мм, длиной 425 мм.

Отличительной особенностью резаков со стволов диаметром 32 мм является наличие воздушного обдува. В процессе кислородной резки металла выделяется значительное количество теплоты и продуктов сгорания. Так как на большинстве газорежущих машин отсутствует надежная система вентиляции, продукты сгорания поднимаются вверх, что приводит к обугливанию рукавов, кабелей, перегреву суппортов и конструкций машин со всеми вытекающими из этого последствиями. Особенно это сказывается при трехрезаковой резке деталей со скосом кромок под сварку. В резаках с воздушным обдувом вытекающий через кольцевой зазор над мундштуком воздух создает колокол, локализующий распространение продуктов сгорания и защищающий конструкции от перегрева.

Некоторые модели резаков диаметром 32 мм поставляют с дополнительным центральным штуцером для крепления разметочного устройства либо фотодатчика. При их отсутствии устанавливается уменьшенная головка с боковым воздушным штуцером.

Все резаки комплектуют единными унифицированными щелевыми мундштуками, работающими на ацетилене, природном газе и пропан-бутане. Режимы кислородной

резки приведены в таблице.

Мундштук состоит из сопла, гильзы и камеры смешения. Мундштуки для ацетилена оригинальные, их маркируют буквой "А". Сопло и гильза установлены заподлицо. Мундштуки для газов — заменителей ацетилена комплектуют из одинаковых сопел и гильз. Переход с природного газа на пропан-бутан осуществляется лишь заменой метановой камеры (маркировка "М") на камеру пропан-бутана (маркировка "Б"). Сопло смешено относительно гильзы на 1 мм, что повышает устойчивость горения подогревающего пламени и защищает сопло от брызг металла при пробивке отверстий.

При резке деталей со скосом кромок под сварку с использованием газов — заменителей ацетилена при толщине металла больше 50 мм и угле наклона резака больше 30° подогревающее пламя скользит по поверхности листа, подогрев ухудшается, резка становится неустойчивой. Поэтому были разработаны сопла серии "У" (3У, 4У, 5У и 6У), которые в сочетании с камерами смешения 1МУ и 1БУ и гильзами соответствующих номеров позволяют создать мундштуки, тепловая мощность которых увеличена в 1,7 раза. Кроме резки металла со скосом кромок под сварку, мундштуки серии "У" целесообразно применять также при резке металла толщиной более 160 мм, особенно при наличии на поверхности окалины, литейной корки, пригаре песка и т. д.

Все это позволило на серийных резаках "Эффект" обеспечить устойчивую резку металла толщиной до 300 мм. По своим техническим характеристикам: скорости резки (500 мм/мин при толщине 20 мм), удельному расходу газа, качеству реза (КО 320 по ГОСТ 14792-80) и надежности резаки серии "Эффект" соответствуют мировым стандартам.

При кислородной резке металла совер-

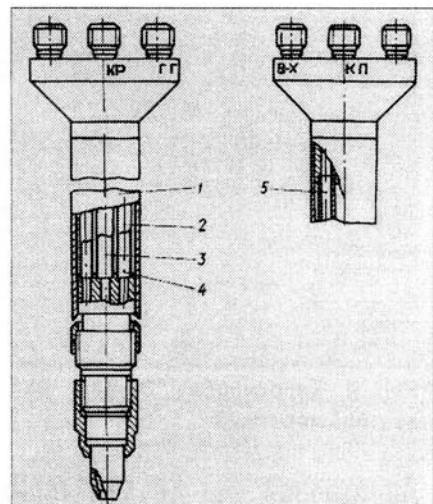


Рис. 2. Резак "Эффект-М" с воздушным обдувом:

- 1 — ствол;
- 2 — трубка горючего газа;
- 3 — трубка кислорода режущего;
- 4 — трубка кислорода подогревающего;
- 5 — трубка воздуха

шенно обособленно выступает проблема тонкого металла. Чем тоньше лист, тем больше (в процентном отношении) теплоты вводится с подогревающим пламенем. Так, при толщине 5 мм с подогревающим пламенем вводится до 80% теплоты, а при толщине 50 мм — только 10%. Это затрудняет правильную организацию процесса резки. Металл перегревается (плавится), коробится, рез заплавляется, становится широким, образуется трудноудаляемый грат. Нижней границей устойчивого процесса кислородной резки до сих пор является металл толщиной 4 мм.

На АО "Эффект" разработаны и освоены в производстве мундштуки, позволяющие разрезать металл с минимальной толщиной до 1,5 мм. При этом ширина реза составляет 1,5–2 мм, грат легко удаляется, коробления листа не происходит. Резка тонкого металла пока возможна только с использованием газов — заменителей ацетилена.

При резке тонкого металла тепловая мощность подогревающего пламени не дол-

Таблица. Режимы механизированной кислородной резки металла (чистота кислорода 99,5–99,8%)

Параметр	Толщина металла, мм												
	1,5–3	3–4	5–6	10	20	30	40	60	80	100	160	200	300
Давление режущего кислорода, МПа													
ислорода, МПа	0,2–0,25	0,2–0,25	0,3–0,4	0,3–0,4	0,45–0,65	0,45–0,65	0,45–0,65	0,45–0,65	0,5–0,7	0,6–0,8	0,6–0,8	0,7–0,9	0,7–0,9
расход кислорода, $\text{м}^3/\text{ч}$	1,5–2,0	1,5–2,0	2–3	3,5–4	5–5,5	7–8	7–8	10–12	10–12	13–15	18–25	18–25	18–25
скорость резки, $\text{м}/\text{мин}$	1000	750–800	600–700	500–600	450–500	340–400	300–350	280–320	250–300	200–250	140–200	120–180	80–100
расход ацетилена, $\text{м}^3/\text{ч}$	—	0,3	0,5–0,6	0,5–0,6	0,5–0,6	0,55–0,65	0,6–0,7	0,6–0,7	0,7–0,8	0,8–0,9	0,9–1,0	1,1–1,2	1,1–1,2
ширина реза, мм	2	2	2,5–3,5	3–3,5	3–4	4–5	4–5	4,5–5,5	4,5–5,5	5–6	5,5–6,5	6–9	6–9

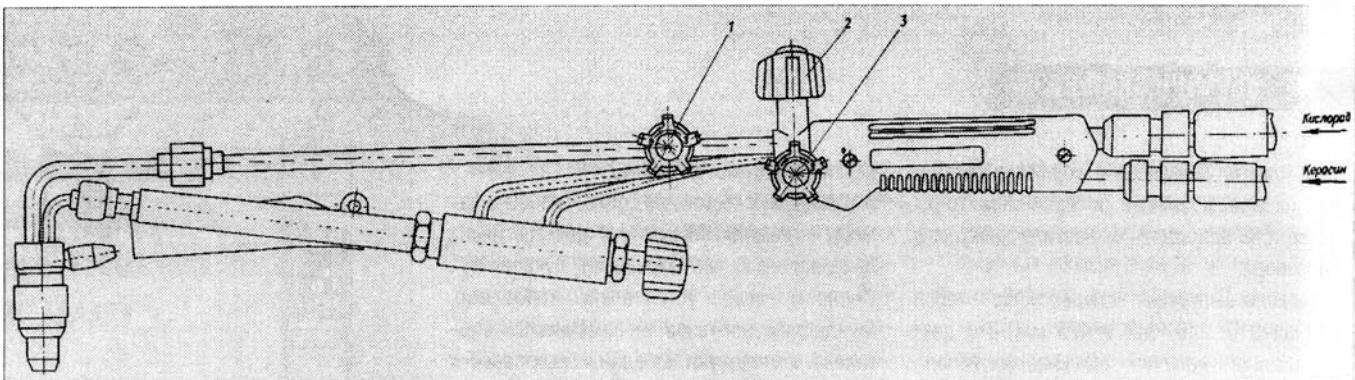


Рис. 4. Керосинорез "Эффект-РК": 1 — вентиль кислорода режущего; 2 — вентиль кислорода подогревающего; 3 — вентиль керосина

Аппаратура для кислородной резки металла в машиностроении

жна превышать 3500 ккал/ч (3850 Вт), что соответствует расходу ацетилена 0,3 м³/ч (пропан-бутан 0,15 м³/ч). При таких малых расходах газов размеры инжектора, камеры смешения, щелей в мундштуке для истечения газокислородной смеси (6 пазов размером 0,5×0,15 мм) сравнимы с допусками на их изготовление. При изготовлении деталей таких размеров требуются новые технологии и оборудование, обеспечивающие высокую точность обработки. Возможность использования аппаратуры, работающей на пропан-бутане, обусловлена более низкой по сравнению с ацетиленом температурой пламени. Процесс механизированной кислородной резки металла предъявляет жесткие требования к надежности аппаратуры, так как отказы резаков приводят к большому количеству брака и делают нерентабельным многорезаковые машины. Резаками серии "Эффект-М" укомплектованы все газорезущие машины НПО "Кислородмаш".

На базе машинных резаков "Эффект-М" создана гамма аппаратуры для ручной резки, в том числе ручные резаки "Эффект-Р" и керосинорезы "Эффект-РК".

Ручной резак "Эффект-Р" (рис. 3) выпускают трех типоразмеров, длиной 500, 800

и 1250 мм. Диапазон разрезаемых толщин 4–300 мм (в зависимости от заказа). Для комплектования труборезов изготавливают укороченные резаки без рукоятки с установкой обратного клапана. По заказу потребителя резаки "Эффект-Р" поставляются с обратным клапаном (встроенным или съемным).

Керосинорез "Эффект-РК" (рис. 4) выпускается на той же базе и имеет ряд отличий от существующих конструкций:

- сопло выполнено щелевым, что способствует лучшему сгоранию керосина, повышает концентрацию факела и позволяет использовать резаки как для разделки кромок под сварку, так и для удаления дефектных сварочных швов;
- подвод керосина и подогревающего кислорода осуществляется через боковую поверхность цилиндра по разные стороны поршня, имеющему два уплотнительных кольца и отверстие между ними;
- изменением конструкции обратного клапана повышена его надежность, клапан может быть как встроенным, так и съемным;
- применены унифицированные сопла и гильзы, позволяющие разрезать металл толщиной 5–300 мм;
- сменные головки можно легко заменить в случае разрушения трубы смеси при обратных ударах.

Надежность работы керосинореза во многом зависит от качества керосина. Наличие примесей воды резко снижает надежность и приводит к обратным ударам. Поэтому перед употреблением керосин необходимо

отстаивать. В холодное время допускается добавка до 20% неэтилированного бензина. Расход керосина: 1 л/ч для керосинореза с нормальной тепловой мощностью и 1,7 л/ч — с повышенной тепловой мощностью. Керосинорезы комплектуют стандартными цилиндрическими бачками с манометром вместимостью примерно 8 л.

На базе серийно выпускаемых машинных и ручных резаков серии "Эффект" освоено производство оборудования для кислородно-флюсовой резки металла. Для этого к резаку добавляют флюсовую трубку с вентилем. Флюс подается через флюсопитатель. Флюсопитатели в зависимости от назначения могут быть трех типов:

- УРХС-5 для питания одного либо двух ручных резаков; содержит редуктор, манометр и циклонное устройство с ручным дозированием расхода флюса;
- такого же типа, но с пневматической заслонкой для подачи флюса и электромагнитными клапанами для управления режимом резки; предназначен для работы с машинными резаками "Эффект" на машинах типа "Комета";
- специальные большие емкости для работы в металлургии с целью резки горячего металла в составе установок непрерывной разливки стали (работают в комплекте с водоохлаждаемыми резаками).

При толщине разрезаемого металла до 400 мм режутся любые марки нержавеющих сталей, например 12Х18Н9Т. Транспортировку флюса целесообразно осуществлять инертным газом (азотом, углекислым газом). Применение кислорода нецелесообразно, так как возможны обратные удары в линии кислородно-флюсовой смеси. Применение воздуха возможно при его осушке, так как влажный воздух вызывает образование комков флюса и заливание его в рукавах. ■

За дополнительной информацией обращаться: АО "Эффект", Украина, 270085, Одесса, Тираспольское шоссе, 19. Тел.: (0482) 215-968, факс (0482) 327-940.

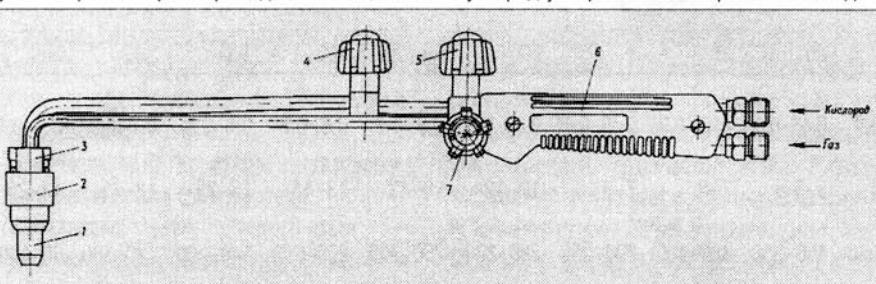


Рис. 3. Резак "Эффект-Р": 1 — мундштук; 2 — накидная гайка; 3 — головка; 4 — вентиль кислорода режущего; 5 — вентиль кислорода подогревающего; 6 — ручка; 7 — вентиль горючего газа

Установки для плазменно-дуговой резки ОАО "Фирма СЭЛМА"

Г. Л. Павленко, В. Л. Сорока, инженеры, ОАО "Фирма СЭЛМА" (Симферополь)

Плазменную резку в течение многих лет используют в промышленном производстве. Она является альтернативой для газокислородной резки.

Сущность способа состоит в проплавлении металла сжатой дугой и интенсивном удалении расплава струей плазмы. Большая концентрация энергии в плазменной струе и высокая скорость резки позволяют производить операцию с узкой зоной термического влияния, что обуславливает отсутствие деформаций, вызванных разогревом разрезаемых материалов. Этот способ используют для резки всех металлов и их сплавов, а для легированных сталей и цветных металлов он является практически основным видом термической резки.

В качестве плазмообразующего газа применяют воздух, кислород, азот, а также смеси аргон – водород, аргон – азот, аргон – водород – азот. Выбор плазмообразующего газа зависит от типа разрезаемого металла,

его толщины, скорости резки и требований к качеству. Качество резки, получаемое при использовании современных плазменных установок, сравнимо с качеством лазерной резки, однако сопряжено с меньшими затратами. Один из наиболее распространенных плазмообразующих газов — воздух. Им снабжаются установки малой и средней мощности, предназначенные для ручной резки, где, как правило, не предъявляется очень высоких требований к качеству реза. При механизированной резке высокое качество резки является определяющим фактором, поэтому установки оснащают плазматронами, рассчитанными на использование в качестве плазмообразующих газов кислорода, азота и смеси аргон – водород.

В современной технике резки применяют две схемы плазмообразования. Первая — резка плазменной дугой прямого действия. В этом случае дуга возбуждается на разрезаемом металле. Вторая — резка плазменной

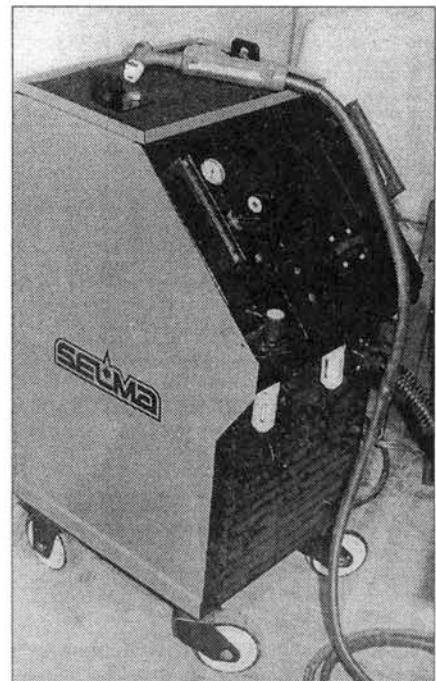


Рис. 2. Установка УВПР-0901

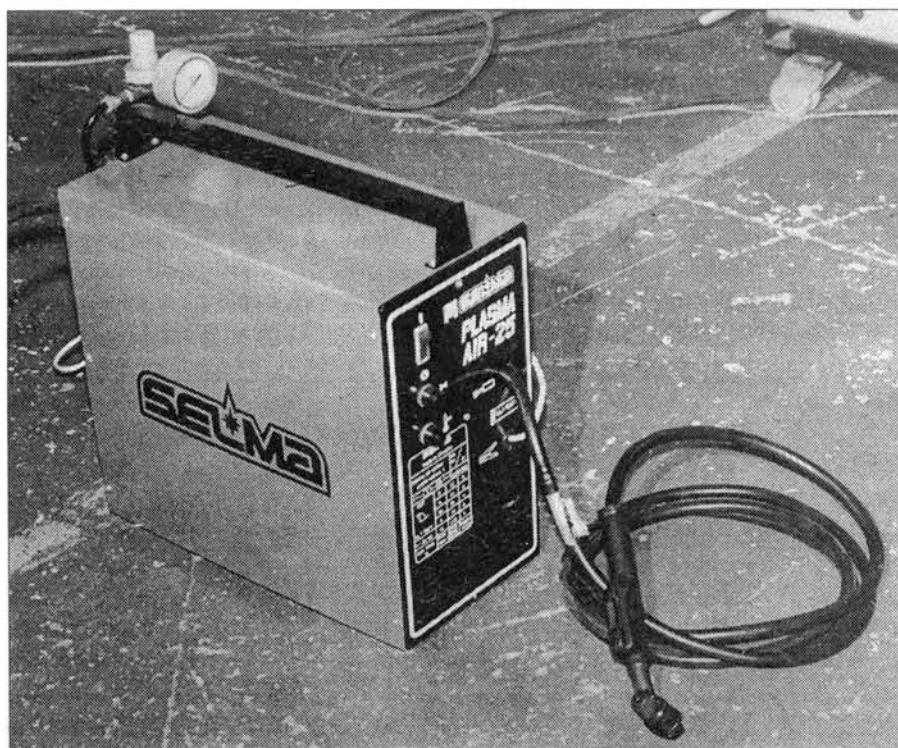


Рис. 1. Установка УВПР-0401

дугой косвенного действия, когда объект обработки не включают в электрическую цепь. В этом случае дуга горит между электродом и наконечником плазмотрона.

Энергетическая оценка обеих схем показывает, что резка плазменной дугой прямого действия характеризуется наиболее высокой эффективностью, поскольку полностью используется полезная мощность сжатой дуги. Резку по такой схеме называют плазменно-дуговой. Поэтому для резки металлов, как правило, используют схему плазменно-дуговой резки. Этот вид резки наиболее распространен, и его промышленное применение непрерывно расширяется.

Для воздушной плазменно-дуговой резки на ОАО "Электромашиностроительный завод "Фирма СЭЛМА" разработаны и серийно выпускаются установки УВПР-0401, УВПР-0901.

Установки оснащены:

- датчиками температуры с индикацией на передней панели, обеспечивающими

(Окончание на стр. 13)

«ДОНМЕТ» – украинский завод автогенного оборудования

В. А. Сергиенко, директор научно-производственного предприятия "ДОНМЕТ" (Краматорск)

Научно-производственное предприятие "ДОНМЕТ" — основной производитель в Украине автогенного оборудования для газопламенной резки и сварки металлов. Десятилетний опыт работы позволяет производить оборудование, отличающееся надежностью и экономичностью в эксплуатации.

Оборудование "ДОНМЕТ" успешно работает на Мариупольском металлургическом комбинате им. Ильича, Полтавском горно-обогатительном комбинате, ЗАО "Новокраматорский машиностроительный завод", ПО "Донецкуголь", ЗАО "Кievvormet", ОАО "Металлургический комбинат "Азовсталь", Днепровском металлургическом комбинате им. Дзержинского и других предприятиях Украины.

"ДОНМЕТ" серийно выпускает следующее автогенное оборудование:

- Горелки однопламенные универсальные для ацетиленокислородной сварки, пайки и подогрева Г2 "ЗИРКА" 224 и Г3 "ЗИРКА" 226 по ГОСТ 1077–79. Толщина свариваемого металла 0,2–11 мм.
- Горелки ГЗУ "ЗИРКА" 228 для пропано-кислородной сварки, благодаря принудительному подогреву мундштука позволяющие сваривать металл толщиной до 3 мм.
- Резаки ручные газокислородные Р-1 "ДОНМЕТ" 142 и Р-3 "ДОНМЕТ" 333 по ГОСТ 5191–79 для резки низкоуглеродистых сталей толщиной до 100 и 300 мм (применяемый горючий газ — ацетилен

или пропан–бутан). Резак "ДОНМЕТ" 142 — самый легкий и экономичный из выпускаемых в СНГ.

- Резаки для профессионалов Р-3 "МАЯК" 337 по ГОСТ 1077–79. Резак "МАЯК" в рекламе не нуждается.
- Резаки "ПРОМІНЬ" 343, так называемые "трехтрубные", производство которых впервые освоено в Украине, оснащены моноблокными мундштуками для резки стали толщиной до 300 мм с использованием ацетилена или пропан–бутана.
- Резаки "ДОНМЕТ" 341, незаменимы при разделке металлолома и позволяют выполнять резку в труднодоступных местах. В качестве горючего газа — пропан. Для удобства эксплуатации резак оборудован клапаном рычажного типа и дополнительной рукояткой. Длина резака 1100 мм.
- Резаки ручные керосинокислородные РК 200 по ТУУ 13488523.003–95 для резки низкоуглеродистых сталей толщиной до 200 мм.

Газосварочное оборудование нашего предприятия сертифицировано в системе УкрСЕПРО, аттестат производства № UA 3.012.957.

"ДОНМЕТ" по заданию предприятий разрабатывает и внедряет специальные резаки и автогенные технологии в металлургии и машиностроении. Значительные успехи достигнуты в области разделительной резки горячих слябов машинными резаками МГР-300 на

ОАО «Металлургический комбинат "АЗОВСТАЛЬ"» в условиях кислородно–конверторного цеха, а также зачистки слябов в холодном состоянии ручными резаками типа РПК.

Перспективными разработками предприятия являются:

- специальные кольцевые горелки для подогрева перед сваркой стыков труб магистральных газопроводов диаметром от 500 до 1800 мм;
- оборудование кислородно–флюсовой резки для эффективной разделки легированных сталей толщиной более 300 мм;
- автогенное оборудование для модернизации портальных газорезательных машин типа "OMNIMAT" — немецкой фирмы "MESSER GRIESHEIM";
- резаки с уменьшенным на 15–30% расходом ацетилена.

Приглашаем специалистов и практиков посетить наш завод. Мы будем рады продемонстрировать Вам наши последние разработки и проекты. ■

**Наш адрес: Украина, 343913
Краматорск Донецкой области,
проспект Мира, 2.**

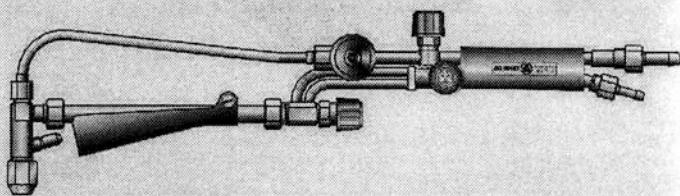
**Директор —
Сергиенко Владимир Александрович,
тел. (06264) 5–45–63**

**Главный инженер —
Парамонов Григорий Андреевич,
тел. (06264) 7–40–87**

РК 200

Резак керосино-кислородный по ТУ У 13488523.003-95.

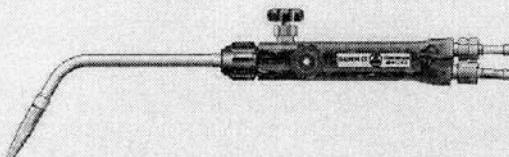
Толщина реза до 200 мм
Горючее: керосин осветительный
ОСТ 38.01407-69
Размер присоединяемых рукавов 6/9
Вес керосинореза - 1,27 кг
Длина керосинореза - 600 мм



“Зірка” 224

Горелка, тип Г2, ГОСТ 1077-79

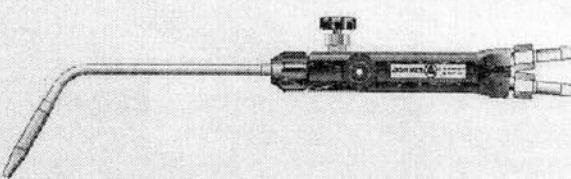
Толщина свариваемого металла 1 - 7 мм
 Применяемый горючий газ: ацетилен (А)
 Применяемые мундштуки: № 2, 3, или 3, 4
 Размер присоединяемых рукавов: 6 / 6
 Вес горелки - 0,46 кг; Длина - 425 мм (№3)



“Зірка” 226

Горелка, тип Г3, ГОСТ 1077-79

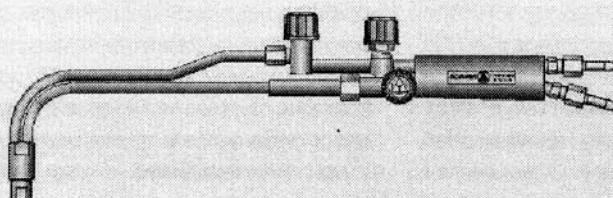
Толщина свариваемого металла 2 - 11 мм
 Применяемый горючий газ: ацетилен (А)
 Применяемые мундштуки: № 3, 4, 5
 Размер присоединяемых рукавов: 9 / 9
 Вес горелки - 0,47 кг; Длина - 430 мм (№3)



“ДОНМЕТ” 142

Резак, тип Р1, ГОСТ 5191-79

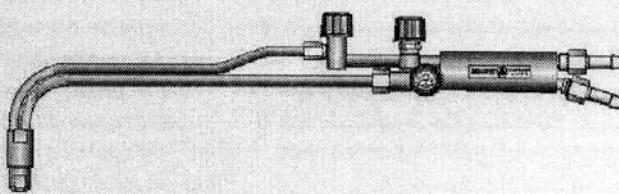
Толщина реза до 100 мм
 Применяемый горючий газ:
 ацетилен (А) или пропан- бутан(П)
 Размер присоединяемых рукавов: 6 / 6 или 9 / 9
 Вес резака - 0,68 кг; Длина резака - 480 мм



“ДОНМЕТ” 333

Резак, тип З, ГОСТ 5191-79

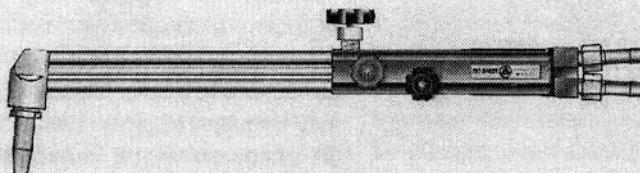
Толщина реза до 300 мм
 Применяемый горючий газ:
 ацетилен (А) или пропан-бутан (П)
 Размер присоединяемых рукавов: 9 / 9
 Вес резака - 0,82 кг; Длина резака - 580 мм



“Промінь” 343

Впервые в Украине!

Резак, тип З



Толщина реза до 300 мм
 Внутрисопловое смешение газов
 Применяемый горючий газ:
 ацетилен, пропан-бутан, метан
 Размер присоединяемых рукавов: 9 / 9
 Вес резака - 0,97 кг; Длина резака - 500 мм

Опыт модернизации машин термической резки металлов

A. V. Веденников, директор АО "Техмаш" (Одесса)

Одесское предприятие "Техмаш" занимается модернизацией машин термической резки (МТР) с 1989 года. В результате анализа отказов и сбоев в работе МТР было выявлено, что электрооборудование машин стареет раньше и выходит из строя чаще, чем какие-либо другие узлы — механические или технологические. Поэтому и появились на свет первые варианты комплексов электрооборудования для модернизации МТР с целью продления их срока службы и улучшения эксплуатационных параметров. Так как ЧПУ является одним из основных узлов, определяющих надежность и стабильность эксплуатации МТР, то максимальное внимание было сконцентрировано на разработке нового ЧПУ.

На основе опыта эксплуатации модернизированных машин, а также с учетом всех современных требований наше предприятие начало выпускать специализированное ЧПУ CNC-4000, предназначеннное для работы в тяжелых промышленных условиях и адапти-

рованное к машинам термической резки и металлорежущим станкам.

Четырехлетняя эксплуатация первых систем ЧПУ CNC-4000 показала, что они полностью отвечают требованиям современных МТР, надежны и не требуют дополнительного обслуживания.

В настоящее время наше предприятие применяет новые системы ЧПУ в своих последних разработках — машинах термической резки серии "Альфатех", "Интертех" и при модернизации МТР прошлых лет выпуска, а также поставляет данные системы на завод "Кристалл", который оснащает ими свои машины термической резки серии "Кристалл", "Гранат".

Как показал опыт, наиболее целесообразно производить модернизацию МТР путем полной замены электрооборудования. Разработаны несколько комплексов электрооборудования для различных типов МТР. В настоящее время выпускается универсальный комплект электрооборудования типа

KEMTP-07 с различными модификациями. В базовый вариант входит:

- система ЧПУ CNC-4000 с дисководом 3,5";
- электропривод для перемещения от 1 до 4 резаков по двум или трем координатам;
- система электроавтоматики;
- система электропитания;
- соединительные кабели;
- пульт управления.

Предприятие "Техмаш" имеет большой опыт модернизации оборудования, находящегося в эксплуатации, в том числе и импортных МТР типа "TANAKA", "OMNIMAT". По результатам предварительного обследования технического состояния МТР, учитывая пожелания заказчика, специалисты предприятия осуществляют не только полную замену систем управления, включая установку дополнительной автоматической системы слежения за величиной зазора между листом и резаком, но и замену механических узлов и технологической оснастки.

Главным преимуществом модернизации является обеспечение высоких технических параметров (практически как у новых МТР) и высокой надежности их работы при относительно небольших затратах (до 25–30% от стоимости новой МТР), исключающей необходимость дополнительных капитальных затрат, неизбежных при установке новых МТР (изготовление фундамента, стола и других металлоконструкций).

При модернизации возможно кардинальное изменение систем МТР: замена газовой оснастки на плазменную или наоборот, установка дополнительной оснастки, установка технологической оснастки для резки водяной струей и другие возможности. ■

За дополнительной информацией обращаться по тел.: (0482) 325-651.

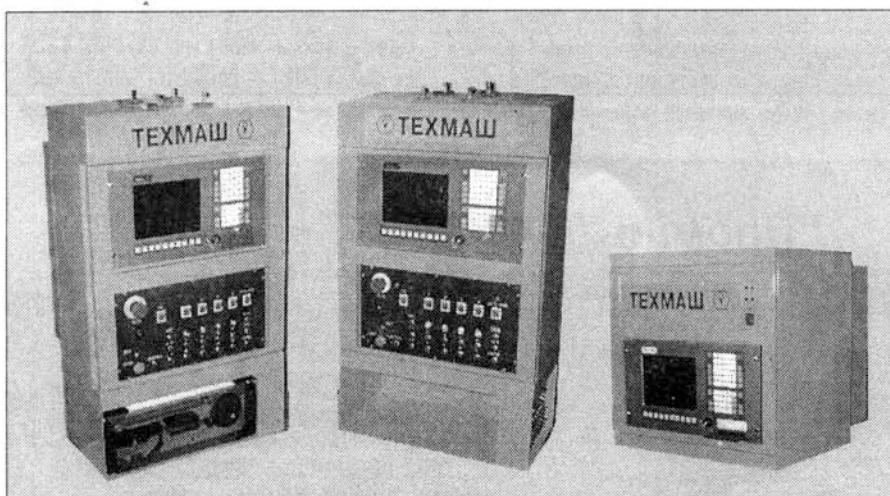


Рис. 1. Системы управления для МТР ПКФ, ПКЦ, ППЛФ, ППЛЦ, "Комета", "Кристалл", "Гранат" на основе ЧПУ нового поколения CNC-4000

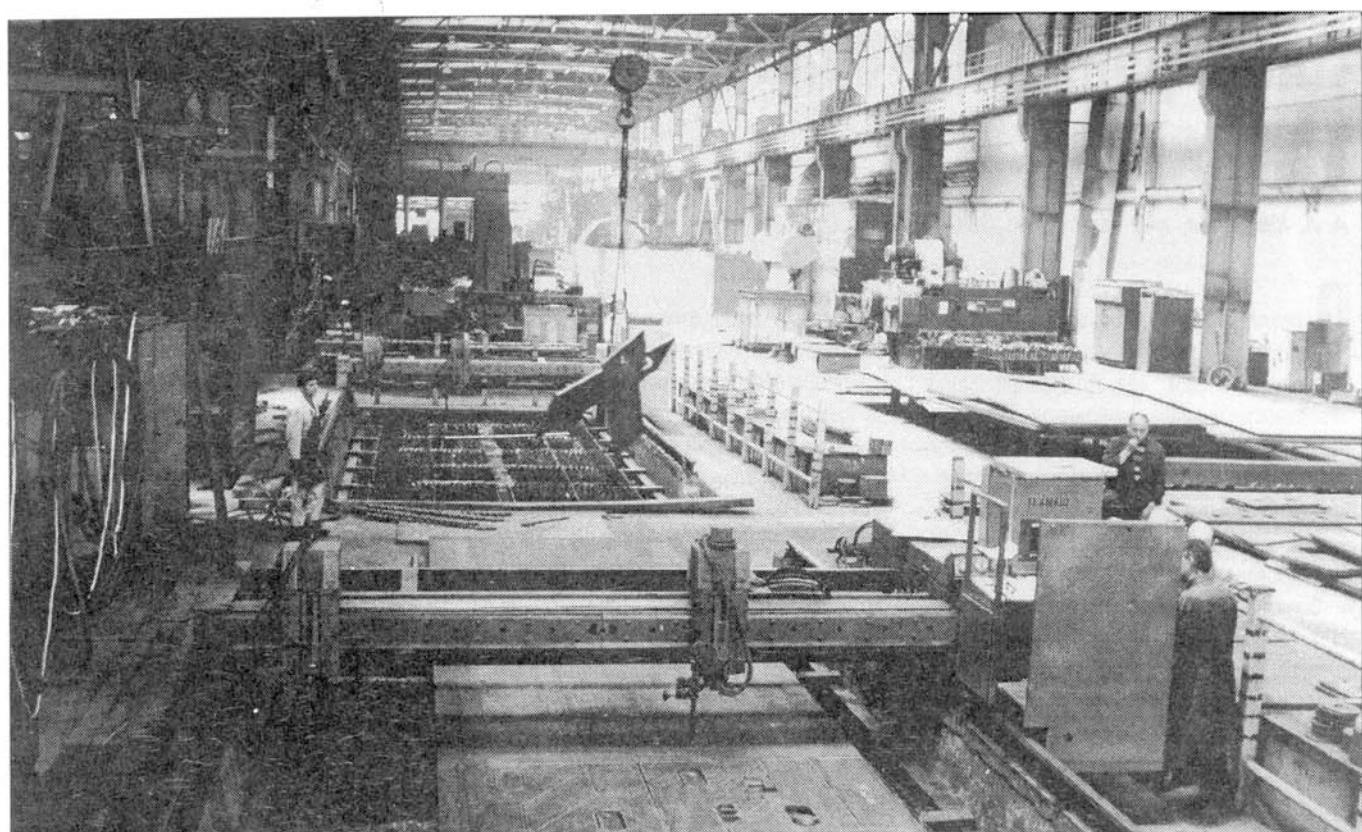


Рис. 2. Две модернизированные машины термической резки ПКФ-3,5 в Клуж-Напока (Румыния)

(Окончание. Начало на стр. 9)

автоматическое отключение установки при достижении температуры силовых узлов, близкой к максимально допустимой; ■ датчиками давления с индикацией на передней панели, выключающими процесс резки при снижении давления воздуха на входе установки ниже допустимых норм; ■ влагоизоляторами, редукторами и манометрами; ■ легкими и удобными воздушными плазменно-дуговыми резаками фирмы "Binzel" с воздушным охлаждением. В этих установках использованы простые схемотехнические решения.

Установка УВПР-0401 (рис. 1) с фиксированным током резки 40 А предназначена для ремонтных и мелкосерийных работ. Небольшие габаритные размеры (510×230×450 мм) и масса установки (не более 40 кг) позволяют оперативно и без лишних затрат доставлять ее на рабочее место. Максимальная толщина разрезаемого листа из низкоуглеродистой стали 10 мм. Установка оснащена воздушным плазменно-дуговым резаком PSB 31 KKS с автоматическим контактным

поджигом по команде с кнопки горелки.

В установке УВПР-0901 (рис. 2) предусмотрены три ступени тока резки 40, 60 и 90 А, что позволяет выбрать более точно режим резки. Установка укомплектована воздушным плазменно-дуговым резаком PSB 121 S с бесконтактным поджигом дуги по команде с кнопки горелки. Максимальная толщина разрезаемого листа из низкоуглеродистой стали 35 мм. Установку можно использовать в качестве источника питания при автоматической машинной резке, например, плазменно-дуговым резаком AUT PSB 121 S фирмы "Binzel". Установка имеет современный и удобный дизайн. Ее масса 125 кг, габаритные размеры 600×550×900 мм.

При разделительной резке установками УВПР плазматрон необходимо перемещать равномерно с заданной скоростью по выбранной траектории над поверхностью разрезаемого металла. С помощью новых установок можно выполнять и поверхностную резку для снятия с поверхности заготовки слоя металла заданной толщины.

Процесс плазменной резки сопровождается интенсивным инфракрасным и ультрафиолетовым излучением, повышенным

шумом, образованием большого количества аэрозолей и газов. Обеспечение соответствующих санитарно-гигиенических условий труда при традиционной плазменной резке на воздухе сопряжено со значительными трудностями. Этого можно избежать, применив "мокрую" механизированную резку, обеспечивающую:

- использование плазматронов, в которых вместе с плазмообразующим газом в столб плазменной дуги впрыскивается вода;
- применение плазматронов, работающих при наличии водяной завесы;
- использование плазматронов, работающих под поверхностью зеркала воды.

Дальнейшее развитие установок для плазменной резки будет связано, с одной стороны, с прогрессом в области электроники, что позволит проектирование более дешевых, простых в изготовлении и энергосберегающих источников питания, а с другой, с новыми конструкциями плазматронов, что даст возможность улучшить качество реза. ■

За дополнительной информацией обращаться по тел.: (0652) 48-5796, 48-1717, 48-1862, 48-5912, 48-5993, тел./факс: (0652) 48-1973.

Электронно-лучевая закалка поверхностей металлов

А. А. Кайдалов, д-р техн. наук, ООО "Инкорс Лтд" (Киев)

В последние годы стало актуальным применение электронно-лучевых сварочных установок для модификации поверхностных слоев материалов, наплавки, резки, термического сверления, гравировки, пайки. Это не требует дорогостоящей модернизации сварочного оборудования и обеспечивает максимальную эффективность его использования в производственных условиях.

Электронно-лучевая поверхностная закалка — перспективный технологический процесс. Для многих практических задач она имеет такие решающие преимущества по сравнению с другими методами (лазерная, ионная, ТВЧ), как большая глубина закалки, вакуумная защита обрабатываемой поверх-

ности. Можно также отметить успешное применение электронно-лучевого модифицирования при обработке оптических стекол.

Рассмотрим пример поверхностной закалки ножей для резки свеклы. Свеклорезные ножи имеют сложный профиль (рис. 1) и изготавливаются либо из инструментальной стали У8А, либо из конструкционной стали 65Г. Для достижения необходимой остроты режущей кромки и обеспечения эффекта самозаточки толщина поверхностного закаленного слоя на незатачиваемой стороне ножа должна быть 20–30 мкм, а твердость — не превышать 1,1–1,2 ГПа. При более высоких значениях твердости может происходить хрупкое разрушение режущей кромки.

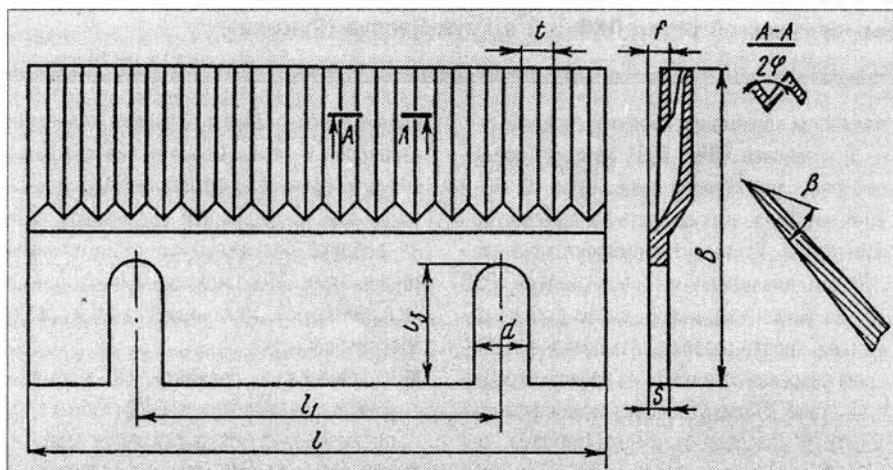


Рис. 1. Эскиз типового свеклорезного ножа (вид сверху и со стороны режущей части)

ности, более высокая производительность процесса, лучшие характеристики модифицированного поверхностного слоя. Электронно-лучевую закалку поверхностей следует развивать прежде всего в автомобилестроении, производстве сельскохозяйственной техники и машин для переработки сельскохозяйственной продукции, в инструментальной и легкой промышленности, турбостроении. Во многих случаях электронно-лучевая закалка заменяет технологические процессы нанесения упрочняющих покрытий, несмотря на их сравнительную дешеви-

Такие характеристики удалось достичнуть путем импульсного облучения тонким (диаметр 0,1–0,2 мм) электронным пучком (рис. 2). Электронный пучок сканирует поперек режу-

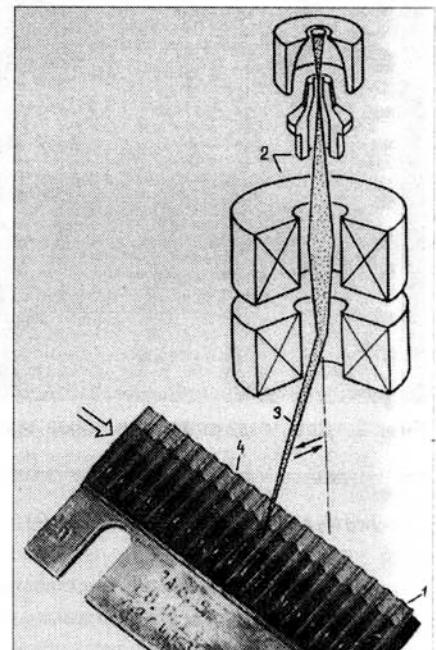


Рис. 2. Схема поверхностной закалки стеклорезного ножа электронным пучком (стрелками показано направление перемещения электронного пучка и свеклорезного ножа):
1 — свеклорезный нож; 2 — электронная пушка; 3 — электронный пучок; 4 — зона закалки

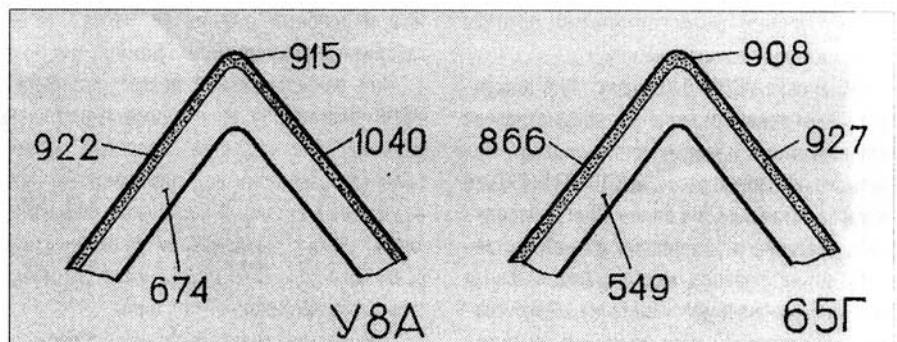


Рис. 3. Распределение твердости (НВ_{50} , ГПа) по поперечному сечению режущей части поверхностно-упрочненных свеклорезных ножей из стали У8А и 65Г

Таблица 1. Характеристики электронно-лучевой закалки металла в твердом состоянии

Марка стали	Параметры нагрева			Форма и размер зоны нагрева, время воздействия, скорость перемещения	Твердость закаленной зоны, износостойкость	Наибольшая глубина закалки, мм
	$U_{уск}$, кВ	I_n , мА	P , кВт			
15	25–30	100–500	–	5–150 мм/с	$H_{\mu_{50}}=4,65 \dots 6$ ГПа (1,5–1,8 ГПа — исходная)	0,1–0,4
20, после цементации	25–30	100–500	–	5–150 мм/с	$H_{\mu_{50}}=8,6 \dots 11,5$ ГПа (4,2–5,2 ГПа)	0,25–0,57
45	25–30	100–500	–	5–150 мм/с	$H_{\mu_{50}}=8,7 \dots 9,8$ ГПа (5,0–5,7 ГПа)	0,24–0,40
40Х9С2М, после закалки ТВЧ	25–30	100–500	–	5–150 мм/с	$H_{\mu_{50}}=8,2 \dots 11,0$ ГПа (5,5–5,71 ГПа)	0,36–0,40
40Х13М	25–30	100–500	–	5–150 мм/с	$H_{\mu_{50}}=7,3 \dots 9,3$ ГПа (4,8–5,0 ГПа), повышение износостойкости образцов в 3–5 раз по сравнению с печной закалкой; клапанов, толкателей и коромысел в 2 раза по сравнению с серийными деталями двигателя трактора; 61–65 HRC ₃	–
45	25	10–20	–	Точечная, $d=1,5 \dots 10$ мм; 5 мм/с	57 HRC ₃	–
40Х	20	–	–	Линия, 3–20 мм; 4–16 мм/с	560 HV	0,2 (>500 HV)
45	60	–	1,5–1,6	Линия, 20 мм/с	59 HRC ₃ , 700 HV (48 HRC ₃ , 495 HV после печной закалки), повышение износостойкости в 1,4 раза по сравнению с печной закалкой	–
40Х	60	–	0,5–1,5	Полоса, 5–50 мм/с	650–750 HV, 731 HV (среднее)	1,7 (30*)

* После предварительной объемной закалки и отпуска.

Таблица 2. Характеристики электронно-лучевой закалки металла в жидкоком состоянии

Марка стали	Параметры нагрева			Глубина оплавленной зоны, мм	Скорость охлаждения, °C/с	Микроструктура оплавленной зоны	Твердость оплавленной зоны, полученные свойства
	$U_{уск}$, кВ	I_n , мА	V , мм/с				
40Х5МФС	16–60	10–125	–	1,3–2,5	$10^3 \dots 5 \cdot 10^5$	Мелкодендритное строение, ширина вторичных ветвей дендритов 1–7 мкм. Междендритная фаза — эвтектические карбиды M6C размером 0,1–1 мкм	650–700 HV. Стойкость штампов горячего деформирования повысилась на 40–50%
P6M5	16–60	10–125	–	1,3–2,5	$10^3 \dots 5 \cdot 10^5$	Мелкодендритная структура с шириной вто-900 HV. Предел прочности при из-ричных ветвей 1–3 мкм. Междендритная фаза — гибе составил 2–2,5 ГПа по сравне-эвтектические карбиды размером 0,1–0,5 мкм нию с 1–1,5 ГПа в литом состоянии. и полигональные зерна размером 2 мкм	Стойкость повысилась на 60%
X12	16–60	10–125	–	1,3–2,5	$10^3 \dots 5 \cdot 10^5$	Более равномерное распределение легирующих элементов, чем до оплавления, повышенное содержание углерода. Излом характеризуется мелкокристаллическим вязким строением (по сравнению с хрупким до оплавления)	850–900 HV (на 100 HV больше, чем твердость основного металла). Благодаря уменьшению износа рабочих кромок значительно увеличилась стойкость пuhanсонов
55Х2Н2МФА, 18Х2Н4МА, 40Х2Н2МЛ	28	10–150	26,6–200	0,8–3,0	$(0,8 \dots 20) \cdot 10^4$	Скрытоигольчатый пакетный мартенсит, центральная зона с нормально направленными к поверхности дендритами и переходная зона. Ширина вторичных ветвей дендритов уменьшилась с 2,5–3,7 до 1,25–1,5 мкм. Остаточный аустенит (5–15,2%) по границам дендритов Cr_3C_2	8,8–11,8 ГПа, 67–69 HRC ₃ (зона скрытоигольчатого мартенсита). Микротвердость сталей возросла на 37–100%

щей кромки ножа с частотой 3,3 кГц. Скорость перемещения ножа составляет 42 мм/с. Ширина зоны закалки 20 мм. Характерные значения твердости в различных точках по сечению упрочненных ножей приведены на рис. 3. Микроструктура закаленного из жидкокомфазы слоя представляет собой мелкоигольчатый мартенсит с небольшим количеством остаточного аустенита. По данной технологии была упрочнена и испытана партия (200 шт.) свеклорезных ножей. Свеклорезные ножи с поверхностью закалкой эф-

фективно проработали до перезаточки в среднем 25 ч (в наиболее жестких условиях — при резке мерзлой свеклы), а при испытании на предельную долговечность — 42 ч. Незакаленные же ножи работают в этих условиях обычно не более 8 ч.

Таким образом, тщательно разработанная технология электронно-лучевой поверхностной закалки позволяет получать высокие технические характеристики обработанных изделий.

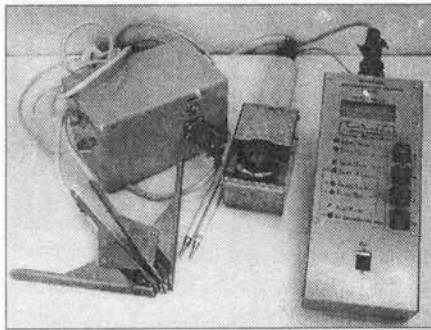
Основные характеристики поверхностной закалки различных металлов приведены в

табл. 1–2*. В таблицах приняты следующие обозначения: $U_{уск}$ — ускоряющее напряжение в электронной пушке; I_n — ток электронного пучка; P — мощность электронного пучка; V — скорость перемещения обрабатываемого изделия. ■

За дополнительной информацией обращаться по тел.: (044) 558-1755, E-mail: incors@ukrnet.net

* Кайдалов А.А. Электронно-лучевая сварка и смежные технологии. — К.: НТП "Инкорс", 1998. — 232 с.

НОВОСТИ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ



УСТРОЙСТВО УДК-05 ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ КОНТАКТНЫХ МАШИН

При эксплуатации контактные машины для точечной, рельефной и шовной сварки периодически подвергают осмотрам и проверке на соответствие технических характеристик. При этом используют различные приборы и методики, не всегда обеспечивающие необходимую точность, а процесс проверки отличается большой трудоемкостью.

В ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины создана новая методика компьютерной диагностики контактных машин с помощью разработанного устройства УДК-05.

Устройство построено на базе однокристального компьютера 80C196. Оно обеспечивает измерение и индикацию усилия сжатия электродов, сварочного тока, длительности операций цикла сварки (сжатие, сварка, проковка, пауза), угла включения силовых вентиляй, длительности импульса тока при конденсаторной сварке.

Специальный датчик одновременно измеряет усилие сжатия электродов и сварочный ток, торOID — ток в процессе сварки, дополнительный источник питания постоянным стабилизированным током на 10 А — сопротивление вторичного контура. После измерений параметров компьютер производит расчет средних и среднеквадратичных отклонений измеренных значений, сравнение их с заданными ("больше" — "меньше"), включение световой индикации при выходе измеренного значения тока из поля допусков, подсчет количества сварных точек, а также числа выходов из допуска сварочного тока. Измеренные и вычисленные данные записываются в оперативную память и сохраняются там при отключении питания.

В оперативную память можно записать результаты контроля восьми контактных машин. По каналу RS232 полученные данные передаются в персональный компьютер IBM PC и по специальной диагностической программе обрабатываются для оценки и прогнозирования технического состояния машины.

При помощи устройства и специального программного обеспечения можно на персональном компьютере вести журнал технического состояния оборудования участка или цеха. УДК-05 имеет восемь аналоговых входов, к которым можно подключить другие датчики и тем самым обеспечить диагностический контроль другого оборудования.

Техническая характеристика:

Диапазон измерения

сварочного тока, кА 1,0–10; 10–100

Погрешность измерения сварочного тока, %.....±2

Диапазон измерения усилия

сжатия электродов, кН 10,0–200,0

Погрешность измерения усилия сжатия, %.....±5

Диапазон измерения

времени сварки, период 1–999

Диапазон измерения активного

сопротивления вторичного

контура, мкОм 10–100; 100–1000

Погрешность измерения сопротивления, %.....±5

Количество подсчитанных точек 1–9999

Количество выходов тока

за установленные пределы 1–99

Напряжение питания, В 220

Потребляемая мощность, Вт, не более 15

Габаритные размеры, мм 250×105×50

Масса, кг 0,9

УДК-05 можно использовать как автономный измеритель с выводом измеряемых значений на четырехразрядный индикатор или на экран персонального компьютера.

Н. В. Подола, П. М. Руденко,

ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины

За дополнительной информацией
обращаться по тел.: (044) 227–5588.

ИСКРОВОЙ ДЕФЕКТОСКОП “КРОНА-2ИМ”

Предназначен для ручного контроля полимерных, эпоксидных и битумных изоляционных покрытий магистральных и других газо- и трубопроводов в процессе их строительства и ремонта. Обеспечивает выявление

локальных сквозных нарушений сплошности (дефектов) изоляционных покрытий трубопроводов с сухой поверхностью. Дефектоскоп позволяет проводить выборочный контроль сплошности изоляционных покрытий на трубопроводах любого диаметра. Рабочие условия эксплуатации прибора:

- температура окружающего воздуха от –20 до +40 °C;
- относительная влажность воздуха до 95% при +25 °C;
- атмосферное давление от 86,6 до 106,6 кПа.

Принцип работы дефектоскопа основан на подаче вырабатываемого высоковольтного импульсного испытательного напряжения положительной полярности частотой 30–45 Гц между высоковольтным выводом и клеммой заземлителя. Значение амплитуды импульса на эквивалентной нагрузке сопротивлением $4,0 \pm 0,2$ мкОм, емкостью 30 ± 3 пФ (проводочный щуп) составляет от 2 до 40 кВ. Амплитуда импульса на эквивалентной нагрузке сопротивлением $2,2 \pm 0,2$ мкОм, емкостью $1900 \pm 1,0$ пФ (кольцевой пружинный щуп диаметром 1 мм) в зависимости от положения регулятора напряжения составляет от 1 до 25 кВ при толщине покрытия от 0,4 до 9,5 мм. Допустимое значение основной относительной погрешности установки высоковольтного напряжения $\pm 15\%$.

Дефектоскоп обеспечивает выявление сквозных дефектов диаметром не менее 0,3 мм в изоляционных покрытиях толщиной от 0,4 до 9,5 мм при скорости перемещения контролирующего щупа не более 0,3 м/с. При этом наименьшее расстояние между двумя дефектами, фиксируемыми как раздельные, составляет 15 мм.

При образовании электрического искрового пробоя в процессе контроля срабатывают световая и звуковая сигнализация.

Питание прибора осуществляется от свинцово-кислотной герметичной батареи. Время работы от заряженной батареи 5,5 ч. Время установления рабочего режима дефектоскопа 1 мин. Электрическая прочность изоляции оболочек дефектоскопа препятствует возникновению электрического пробоя между высоковольтным выводом и вспомогательным электродом, подключенным к заземлителю в нормальных условиях, а также при верхнем значении относительной влаж-

ности. Электрическое сопротивление изолирующих оболочек дефектоскопа предусматривает ограничение течения тока силой более 5 мА между высоковольтным выводом и вспомогательным электродом, подключенным к заземлителю в нормальных условиях и при верхнем значении относительной влажности. Срок службы дефектоскопа не менее 5 лет. Габаритные размеры футляра для укладки дефектоскопа 340×220×75 мм, масса: высоковольтного трансформатора — не более 0,8 кг, блока контроля и питания — не более 3,7 кг, комплекта — не более 7,0 кг.

A. Белокур.

Трест "Южтеплозернегомонтаж" (Киев).
За дополнительной информацией обращаться по тел.: (044) 224-5040.

УСТАНОВКИ ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ДУГОВОЙ СВАРКИ ПРОДОЛЬНЫХ ШВОВ ТОНКОСТЕННЫХ ТРУБ

Предназначена для автоматической сварки неплавящимся электродом без присадки продольных швов тонкостенных труб из нержавеющей стали длиной до 1200 мм, диаметром 100–500 мм с толщиной стенки трубы 0,5–1,5 мм.

Установка включает механизм продольного перемещения горелки, "клавишный" механизм фиксации свариваемых кромок с пневмоприводом, механизм подъема горелки с корректором ее положения, шкаф электропитания, пульт оператора, пульт задания режимов сварки, сварочное оборудование

(ВСВУ-315), пневмоаппаратуру, станину станка.

Техническая характеристика:

Пределы регулирования	8-315
Пределы регулирования	3-20
Предельные отклонения траектории	
перемещения горелки, мм, не более	±0,2
Привод механизмов фиксации кромок	
и подъема горелки	Пневматический
Количество прижимов при длине трубы	
1200 мм, шт.	6×2
Защитный газ	Аргон
Давление сжатого воздуха, МПа,	
не менее	0,4
Охлаждение сварочной горелки.....	Естественное
Охлаждение источника питания.....	Жидкостное

Программное управление и диагностика состояния элементов установки осуществляется с помощью одноплатного контроллера. Базовая система обеспечивает:

- опускание горелки в начало шва;
- зажигание дуги (от осциллятора);
- задержку перемещения горелки на время формирования сварочной ванны;
- перемещение горелки со сварочной скоростью;
- гашение дуги;
- подъем горелки и ее возврат в исходную точку на маршевой скорости.

В процессе работы установки контролируются положение горелки, давление в пневмосети, фиксация пневмоприжимов. Предусмотрена предварительная настройка трех и более режимов сварки для быстрой переналадки установки на сварку труб раз-

ной толщины, что в сочетании с плавным регулированием параметров режима сварки и возможностью быстрой переналадки для сварки труб разной длины обеспечивает высокую производительность установки, простоту и удобство работы и наладки.

C. В. Можаев, канд. техн. наук,
C. В. Дубовецкий, И. А. Фещенко,
А. Е. Фролов, Д. В. Плющ, инженеры,
ООО НВКФ "НАВКО" (Киев).
За дополнительной информацией обращаться по тел.: (044) 458-0018, факс: 446-1789. ■

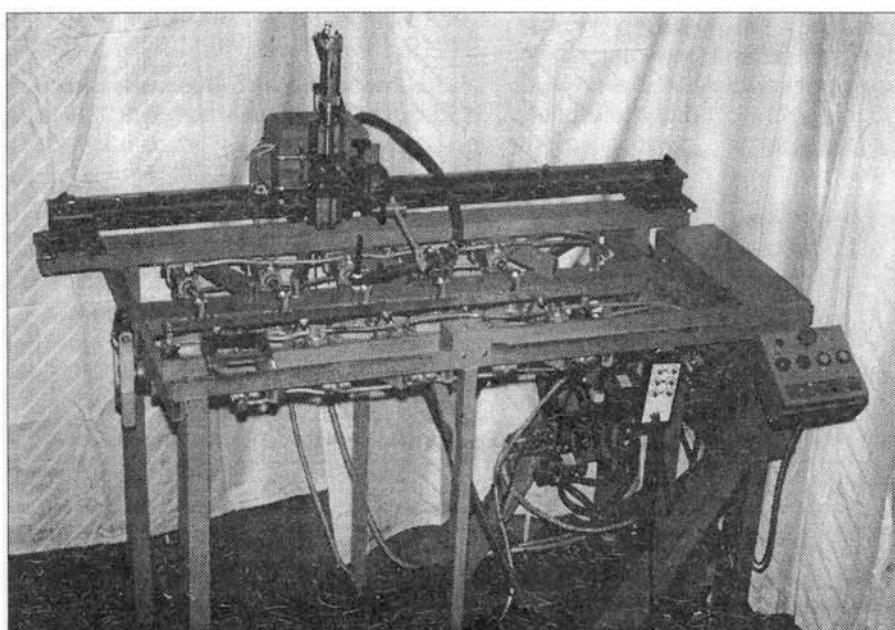


ВОССТАНОВЛЕНИЕ ИЗНОШЕННЫХ ЗУБЬЕВ КОВШЕЙ ЭКСКАВАТОРОВ

Разработана технология восстановления изношенных зубьев ковшей экскаваторов ЭКГ4, ЭКГ6 и ЭКГ8И с применением индукционного нагрева. Оригинальная технология позволяет восстанавливать зубья с любой степенью износа ножей. Для наплавки используют куски изношенных зубьев из стали Г13. Наплавку выполняют под слоем флюса. Ванна расплавленного металла удерживается в металлическом воздухоохлаждаемом нагревателе, охваченном индуктором. Питание индуктора осуществляется от промышленных преобразователей частоты. При наплавке зона нагрева перемещается вверх, что обеспечивает последовательную кристаллизацию наплавленного металла.

Восстановленные зубья ковша экскаватора ЭКГ8И испытаны в работе на Криворожском Центральном горно-обогатительном комбинате. Результаты испытаний показали, что у восстановленных зубьев срок эксплуатации такой же, как у новых зубьев. Возможно многократное восстановление. Стоимость восстановления зубьев составляет 25–40% стоимости новых зубьев.

В. М. Баглай, канд. техн. наук,
ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины.
За дополнительной информацией обращаться по тел.: (044) 227-3077.



НАШИ КОНСУЛЬТАЦИИ

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) 227-6502.

Прошу Вас рассказать о технологии и оборудовании для контактной стыковой сварки ленточных пил из стали 45ХГНМФА размером 1,6×67 мм, используемых в качестве режущего инструмента для резки сортового проката.

**В. И. Медовар,
ОАО "Днепропротсталь", Запорожье**

Для сварки ленточных пил развитых сечений (широкие пилы малой толщины), в том числе и тех, о которых Вы спрашиваете, целесообразно применять контактную стыковую сварку оплавлением. При использовании этой технологии:

- не требуется точная подгонка торцов ленты;
- обеспечивается равномерный нагрев ленты по ширине;
- не требуется дополнительная защита зоны сварки.

Однако следует иметь в виду, что сварные соединения из стали 45ХГНМФА в исходном после сварки состоянии имеют хрупкую игольчатую мартенситную структуру и могут быть использованы лишь после термической обработки — отпуск мартенситной структуры на структуру сорбита отпуска. Этую операцию производят без снятия деталей из зажимов контактной машины непосредственно после сварки по заданному термическому циклу.

Сварку ленточных пил размером 1,6×67 мм можно выполнять на существующей серийной машине К-274М разработки ИЭС им. Е. О. Патона, рассчитанной на сварку полос в широком диапазоне сечений — от 100 до 900 мм², а также на "Ideal Typ BS50" разработки фирмы "Elektro-Apparate" (ФРГ) для

сварки полос шириной 40–150 мм. Для потребностей Вашего предприятия в ИЭС им. Е. О. Патона могут сконструировать и изготовить более дешевую машину под конкретный типоразмер пилы.

Ответ подготовил инж. А. Г. Дубко

Расскажите, пожалуйста, о художественных возможностях кузнецкой сварки.

В. А. Фетисов, Белая Церковь

Художник-кузнец применяет все основные промышленные технологии обработки металла, но в специфическом, изначальном виде. Это хорошо видно на примере легендарных мечей и сабель, которые кузнецы изготавливали из узорчатой сварочной стали, восточный аналог которой имеет название "дамаск". Мастера Киевской Руси, делавшие такую сталь, называли ее "харалуг". Она являлась одним из первых композиционных материалов на основе железа. В наше время по принципу дамаска изготавливают материалы для ракетно-космической техники.

Получение композита по типу дамаска сводится не только к процессу соединения стальных пластин с различным содержанием углерода с помощью кузнецкой сварки. Эта технология граничит с искусством. Исключительно важным представляется личностный момент, отношение мастера к делу. Родонаучальник современной булатной технологии В. И. Басов отметил, что кузнец в буквальном смысле вкладывает в работу свою энергию, индивидуальный рабочий настрой. По ходу работы можно определить, как относится к тебе человек, стоящий рядом. Для качества сварки пакета важна также и погода — при разных атмосферном давлении и влажности по-разному протекает процесс горения топлива, следовательно, меняется время нагрева и распределение температур в пакете, его химический состав и структура.

Собственно кузнецкая сварка представляет собой соединение двух или нескольких металлических пластин в одно целое при высоких давлении и температуре.

Пакет под сварку можно нагревать на каменном и древесном угле, на коксе, в газовой печи или с использованием электронагрева. Температура сварки колеблется от 1230 до 1400 °C в зависимости от химического состава пластин, входящих в пакет.

В общих чертах пакет делают следующим образом: берут нечетное количество пластин с различным содержанием углерода, например, полосы из низкоуглеродистой стали чередуют с полосами инструментальной стали (кусками напильника). Одну из пластин низкоуглеродистой стали делают более длинной, чтобы можно было использовать ее в качестве рукоятки. По торцам и бокам пакет прихватывают электросваркой.

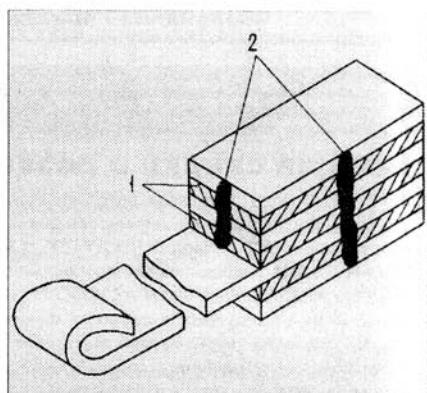
Пакет помещают в печь таким образом, чтобы пластины встали на ребро, и нагревают до 950–1000 °C как можно более равномерно. Для этого пакет по мере необходимости поворачивают в печи, временами выключая дутье и, что называется, "томят" в горне, либо с помощью кочерги увеличивают или уменьшают интенсивность горения угля в очаге вокруг частей поковки.

Если пластины в пакете не очень плотно прилегают друг к другу, то его вынимают и слегка проковывают, что одновременно способствует выравниванию температуры по всему сечению поковки.

Затем пакет помещают в горн и при температуре 950–1000 °C (оранжево-желтый цвет металла) посыпают флюсом. Наиболее распространенный флюс — кварцевый песок коричнево-желтого цвета.

Нижняя часть поковки нагревается сильнее верхней, поэтому поковку поворачивают на 180° и посыпают песком более нагретую поверхность. Когда песок прилипает к поверхности, заготовку опять переворачивают и покрывают флюсом другую сторону.

Необходимо постоянно следить, чтобы нагрев шел без перегрева и пережога. По до-



Пакет для получения сварочного "дамаска": 1 — куски напильника; 2 — места прихватки электросваркой

стижении температуры 1230–1250 °C флюс начинает плавиться, а заготовка — "потеть". В этот момент ее надо начать вращать, при этом температура поверхности достигает 1300–1400 °C и, самое главное, выравнивается по всей длине поковки.

Важно не только увидеть момент, когда поковка превратится в "леденец", но так ее прогреть, чтобы белый цвет ее поверхности был чистый, без темных пятен.

Затем пакет достают из горна, стряхивают излишки флюса и легкими, частыми ударами проковывают. При этом заготовку поворачивают на 180° (сварка идет до тех пор, пока поверхность пакета имеет вид "мокрой").

Если пакет не сварился, то появятся характерные вздутия металла на широкой стороне поковки или произойдет ее расслоение по бокам. В этом случае следует повторить сварку еще раз.

Проверить качество сварки можно двумя простыми способами:

- зачистить торцы и боковые стороны на точиле — если сварка прошла удачно, то поверхность будет цельной, без трещинок;
- быстро охладить пакет, а затем нагреть его — при непроварах металла появятся так называемые пузыри.

Кузнецкая сварка в умелых руках художника-кузнеца не только один из способов соединения деталей изделия, но и эффектное выразительное средство, подчеркивающее совершенство работы мастера.

По материалам статьи В. Сидоренко, журнал "Металлург", № 11, 1992 г.

Прошу Вас дать консультацию по газовой сварке нержавеющей стали типа 12Х18Н10Т.

Н. Нагирняк, Кременчуг

Аустенитная хромоникелевая сталь типа 12Х18Н10Т обладает высокой коррозионной стойкостью, жаростойкостью (окалиностойкостью) и жаропрочностью. Эти качества должны быть сохранены и в сварных соединениях. Однако вследствие частичного выгорания хрома и других легирующих элементов металл шва, выполненный газовой сваркой, обладает пониженной стойкостью против коррозии по сравнению с основным металлом. Кроме того, хромоникелевые стали имеют низкую теплопроводность (коэффициент теплопроводности равен 16,7 Вт/(м·°C)) и высокий коэффициент линейного расширения ($\alpha=17 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$), что вызывает повышенные деформации и коробление изделий

при газовой сварке. Поэтому на практике газовая сварка стали толщиной не более 1,5–2 мм целесообразна лишь в исключительных случаях. Более толстый металл необходимо сваривать дуговыми способами.

При газовой сварке хромоникелевой стали следует использовать только нормальное пламя с удельной мощностью 70–75 л/ч ацетиlena на 1 мм толщины металла, т. к. окислительное пламя вызывает выгорание хрома и образование тугоплавких окислов.

Для достижения хорошего результата сварки рекомендуют присадочную проволоку с малым содержанием углерода и стабилизированную титаном или ниобием (Св–06Х19Н9Т, Св–08Х19Н10Б), а диаметр ее выбирают равным толщине свариваемого металла. Сварку можно выполнять как левым, так и правым способами при наклоне горелки к поверхности металла под углом 45°. При этом скорость сварки должна быть максимально возможной, а конец прутка следует держать погруженным в сварочную ванну. Для лучшего отвода теплоты рекомендуется использовать медные подкладки. При сварке длинных швов применяют обратноступенчатый способ. С целью улучшения внешнего вида шва, уменьшения выгорания хрома и удаления его окислов применяют флюс, содержащий 80% плавикового шпата и 20% ферротитана. Можно использовать флюс и такого состава: 50% буры и 50% борной кислоты или 80% буры и 20% двуокиси кремния. Флюс разводят в воде до пастообразного состояния, а затем наносят на кромки, что способствует предупреждению образования окислов хрома в корне шва. Остатки флюса после сварки смывают горячей водой. Если позволяет конструкция изделия, рекомендуется термическая обработка нагревом до температуры 1050 °C с последующим охлаждением на воздухе.

Какие преимущества при сварке обеспечивает применение блока снижения напряжения холостого хода?

Ф. Карпенко, Чернигов

При сварке покрытым электродом сварщик соприкасается с элементами разомкнутой сварочной цепи (при смене электродов, при случайных контактах с электрододержателем, изделием, оголенным концом электрода и т. п.) Напряжение холостого хода, которое обеспечивает надежное зажигание дуги, составляет 60–80 В. В сварочных

трансформаторах простых конструкций напряжение холостого хода при разомкнутой цепи постоянно подается на электрод. При неблагоприятных обстоятельствах, замыкаясь через тело сварщика, оно может вызвать болезненные поражения или даже летальный исход.

Блок снижения напряжения холостого хода защищает сварщика путем отключения источника питания от электрододержателя при обрыве дуги. На электрод при этом подается напряжение 8–12 В, которое позволяет сформировать сигнал о зажигании дуги при касании электродом изделия. Блок пропускает на электрод напряжение холостого хода только при падении сопротивления сварочной цепи ниже определенного значения, которое выбирается меньше, чем минимальное сопротивление тела сварщика, с учетом возможно большей площади контакта, мокрой одежды, влажности воздуха и т. д. Современные аппараты имеют чувствительность около 250 Ом.

Применение блока снижения напряжения холостого хода существенно уменьшает вероятность поражения сварщика вторичным током, особенно при работе в закрытых металлических емкостях, резервуарах и других токопроводящих объектах.

Однако это не освобождает от необходимости принятия обязательных мер техники безопасности. Ведь соприкосновение, например, оголенного конца электрода с заземленными предметами обязательно вызовет срабатывание блока и подачу напряжения холостого хода на электрод. При разрыве цепи оно сохраняется в течение 1 с, пока не сработает автоматика ограничителя.

Поэтому не следует пренебрегать простейшими мерами безопасности: надежной изоляцией электрододержателя, целостностью изоляции кабелей, исправным и сухим состоянием спецодежды сварщика, перчаток, обуви, применением специальных изолирующих ковриков. Желательно работать в паре с наблюдателем, аккуратно обращаться с подключенным электродом.

С 1 марта 1998 г. Госкомитет охраны труда Украины рекомендовал устройства снижения напряжения холостого хода сварочных источников к обязательному применению. Современный блок снижения напряжения холостого хода БСНТ-01-1У2 разработан и выпускается ОАО "Фирма "СЭЛМА". ■

Ответы подготовил канд. техн. наук Ю. В. Демченко

Все о восстановлении деталей машин наплавкой

4. Особенности технологии наплавки металлами различных типов

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 предыдущих публикациях (см. "Сварщик" № 4, 1998 г.) была приведена современная классификация наплавленного металла по химическому составу и назначению. Каждому из приведенных 13 типов наплавленного металла присущи свои особенности технологии наплавки. Однако есть некоторые общие положения, касающиеся, например, выбора температуры предварительного подогрева наплавляемого изделия.

Предварительный подогрев применяют для предупреждения возможности образования дефектов в наплавленном слое или зоне сплавления. Нанесение промежуточного слоя наплавленного металла обусловлено не только необходимостью исключить образование дефектов, но и в ряде случаев, например, при восстановлении размеров деталей наплавкой, экономией дорогостоящего наплавочного материала.

При выборе температуры предварительного подогрева сталей и сплавов на основе железа можно руководствоваться данными, приведенными в табл. 1. Для подсчета углеродного эквивалента C_3 сталей с содержанием углерода выше 0,18% применяется

формула Международного института сварки

$$C_3 = C + Mn/6 + (Cr + Mo + V)/5 + (Ni + Cu)/15.$$

Тип наплавленного металла промежуточного слоя выбирают исходя из типа основного металла и типа наплавленного металла (табл. 2).

Нелегированные и низколегированные стали, содержащие до 0,4% углерода, используют главным образом для восстановления размеров деталей или нанесения промежуточного слоя для последующей наплавки износостойкими сплавами. В некоторых случаях наплавленный металл 30ХГС, 30Х4Г применяют и для износостойкой наплавки. При наплавке металла этого типа не возникает особых проблем. Однако, если наплавку производят на основной металл с повышенным содержанием углерода (стали 45, 50, 50Х, 60ХН) и серы (35ЛК, 30Л и т. п.), то во избежание появления трещин необходимо использовать приемы и способы наплавки, обеспечивающие уменьшение доли основного металла в наплавленном (уменьшение шага наплавки, наплавка на спуск, наклон электрода углом

вперед, увеличение вылета электрода, наплавка лентами и многоэлектродная наплавка), а также предварительный подогрев.

При наплавке массивных деталей достаточно предварительный подогрев до 200–250 °С. При наплавке небольших деталей для подогрева хватает теплоты дуги (автоподогрев).

Нелегированные и низколегированные стали, содержащие более 0,4% углерода. Наплавленный металл этого типа предназначен в основном для наплавки коленчатых валов, деталей ходовой части гусеничных машин, некоторых видов ножей, штампов и т. д. Основная трудность при его наплавке — повышенная склонность наплавленного металла к образованию горячих и холодных трещин. Предварительный подогрев до температуры 350–400 °С позволяет в большинстве случаев их избежать. Хорошие результаты дает наплавка промежуточного слоя низкоуглеродистой сталью, например, проволоками Св-08, Св-08ГС и т. п. После наплавки необходимо обеспечить замедленное охлаждение в ящике с песком или флюсом, в термостате или печи.

Как правило, наплавленный металл этого типа имеет высокую твердость. По этой причине, если наплавленная деталь подлежит механической обработке, то ее отжигают, при этом твердость снижается до 20–25 HRC₃. После механической обработки следует закалка, обеспечивающая твердость наплавленного металла 50–60 HRC₃.

Хромовольфрамовые, хромомолибденовые и другие теплостойкие инструментальные стали используют для наплавки деталей, подвергающихся воздей-

Таблица 1. Температура предварительного подогрева в зависимости от типа основного металла

Тип основного металла	Углеродный эквивалент	Температура подогрева, °С
Нелегированные, низколегированные и хромоникелевые нержавеющие стали	≤0,35	Без подогрева
Среднеуглеродистые и низколегированные стали	0,40–0,65	300–450
Высокоуглеродистые и высоколегированные стали	≥0,7	400–650
Инструментальные стали	≥0,7	300–600
Высокомарганцевые стали типа Г13	≥1,0	Без подогрева
Чугун	≥2,5	550–700

ствию больших давлений и смене температур. Необходимым элементом технологии наплавки является предварительный подогрев наплавляемой детали до температуры 300 °C и выше. Это способствует предупреждению образования трещин, снижению остаточных напряжений и получению оптимальной структуры наплавленного металла. Температуру предварительного подогрева выбирают в зависимости от конкретного химического состава основного и наплавленного металла, размеров и массы детали. После наплавки, как правило, необходимо замедленное охлаждение в термостате, а для массивных деталей — отпуск при температуре 520–540 °C и охлаждение вместе с печью.

Характерной особенностью наплавленного металла типа инструментальных штамповых сталей 25Х5ФМС, 35В9Х3ФС, 30Х4В2М2ФС и т. п. является то, что в широком диапазоне скоростей охлаждения в нем подавляется перлитное превращение и после наплавки образуется мартенситная структура с небольшим количеством остаточного аустенита. Это весьма важно на практике — вне зависимости от температуры предварительного подогрева, в широком диапазоне режимов наплавки наплавленный металл имеет мартенситную структуру, высокую твердость и хорошие эксплуатационные свойства.

Для наплавки металла такого типа часто используют самозащитные порошковые проволоки. Наиболее характерным дефектом при этом являются поры в наплавленном слое, что связано с несоблюдением режимов наплавки. Наплавка самозащитной порошковой проволокой требует строгого соблюдения рекомендемых для данной проволоки режимов, особенно напряжения дуги. При

повышении напряжения дуги ухудшается защита наплавленного металла от окружающей атмосферы, металл обогащается азотом, образуются поры.

Высоколегированный металл со свойствами быстрорежущих сталей применяют, как правило, для наплавки режущего инструмента. Наплавка быстрорежущих сталей сопряжена с трудностями из-за склонности наплавленного металла к образованию трещин. Для устранения трещин необходимы предварительный и сопутствующий подогрев заготовок до 500–600 °C и замедленное охлаждение после наплавки в печи.

Наплавленный металл обычно не подвергают прокатке или ковке, и к нему не предъявляются требования сохранения хорошей пластичности. Такой металл можно дополнительно легировать элементами, обеспечивающими повышенную износостойкость и красноломкость. Тем не менее, большая трудоемкость наплавки, трудности при механической обработке наплавленного металла приводят к тому, что наплавку металлорежущего инструмента в настоящее время применяют в ограниченном количестве.

Низко- и высокоуглеродистые хромистые стали. Наплавленный металл этих типов в зависимости от содержания углерода и хрома имеет ферритную, полуферритную или аустенитно-мартенситную структуру. При содержании более 1,0% углерода и 10% хрома в структуре появляется карбидная эвтектика (ледебурит). По своей структуре и свойствам такие стали приближаются к дозвтектическим высокохромистым чугунам.

Коррозионностойкие хромистые стали с пониженным содержанием углерода используют для наплавки общепромышленной

арматуры, роликов машин непрерывного литья заготовок (МНЛЗ), плунжеров гидропрессов, а также некоторых видов штамповального инструмента. Применяется наплавка как открытой дугой, так и под флюсом.

При содержании более 0,2% углерода наплавленный металл склонен к образованию трещин. Поэтому при наплавке необходим предварительный, а для массивных деталей — и сопутствующий подогрев до температуры 350 °C и выше.

Наплавка ледебуритных сталей X12, X12M, X12ВФ трудна из-за склонности наплавленного металла к образованию холодных и горячих трещин. Если холодные трещины удается устранить за счет подогрева детали до температуры 400–550 °C и последующего замедленного охлаждения, то этого не всегда можно достичь в отношении горячих трещин. В ледебуритных стальях трещины возникают вследствие выделения по границам зерен легкоплавких карбидных эвтектик. Трещины не появляются при содержании углерода 1,5–2,5%. При наплавке ледебуритных хромистых сталей на низкоуглеродистую сталь необходимо стремиться к минимальной доле основного металла в наплавленном, в противном случае первый слой будет поражен трещинами из-за недостаточного количества карбидной эвтектики, способной их "зализывать". Из первого слоя такие трещины, как правило, переходят в последующие слои. Твердость наплавленного металла типа ледебуритной стали X12 сравнительно невысока и составляет 40–46 HRC₃, что объясняется наличием в структуре большого количества остаточного аустенита. Твердость можно повысить до 55–60 HRC₃ за счет отпуска при температуре 550–570 °C.

Таблица 2. Выбор типа наплавленного металла промежуточного слоя

Тип основного металла	Тип наплавленного металла	Тип наплавленного металла промежуточного слоя	Причина, по которой необходимо наплавлять промежуточный слой
Высокомарганцевая аустенитная сталь	Высокомарганцевая сталь, например Г13Н4	Хромоникельмарганцевая нержавеющая сталь, например 08Х20Н10Г6	Хрупкие прослойки в переходной зоне
Нелегированная и низколегированная стали	Высокомарганцевая сталь, например Г13Н4	Хромоникельмарганцевая нержавеющая сталь, например 08Х20Н10Г6	Хрупкие прослойки в переходной зоне
Хромвольфрамовая, хромомолибденовая и другие теплостойкие инструментальные стали	Хромоникелевая, хромоникельмарганцевая нержавеющая аустенитная сталь	Хромоникелевая нержавеющая сталь с повышенным содержанием хрома, например 07Х25Н13, 03Х24Н13Г2Б	Возможное появление трещин в первом слое из-за разбавления основным металлом
Стали и сплавы различных типов	Высокохромистые специальные чугуны	Хромоникельмарганцевая нержавеющая сталь, например 08Х20Н10Г6	Дефекты сплавления, трещины, отслоения
	Хромовольфрамовая, хромомолибденовая и другие теплостойкие инструментальные стали	Нелегированная и низколегированная сталь с содержанием углерода ≤0,4%	Предотвращение диффузии углерода в переходной зоне
	Стали и сплавы различных типов	Нелегированная или низколегированная сталь с содержанием углерода ≤0,4%	Восстановление размеров под дальнейшую износостойкую наплавку

Все о восстановлении деталей машин наплавкой.

4. Особенности технологии наплавки металлами различных типов

Высокомарганцевые аустенитные стали рекомендуют для наплавки деталей, подвергающихся абразивному изнашиванию в сочетании с сильными ударами. Типичным представителем наплавленного металла этой группы является сталь 110Г13Л (сталь Гадфильда). При охлаждении с высокой скоростью от температур выше 950 °С стали, содержащие 0,8–1,6% углерода и 12–20% марганца, имеют стабильную чисто аустенитную структуру и отличаются высокой прочностью, пластичностью и низкой твердостью (180–200 НВ). Наплавленный металл этого типа способен к упрочнению под воздействием ударных нагрузок. Твердость в деформированной зоне возрастает до 500 НВ, повышается стойкость против абразивного изнашивания. При отсутствии таких нагрузок поверхностный слой не упрочняется, а изнашивается подобно обычной низкоуглеродистой стали.

При медленном охлаждении происходит распад аустенита и выделение карбидов цементитного типа по границам зерен. Такой наплавленный металл хрупок, склонен к трещинам и отколам. Поэтому высокомарганцевые стали не рекомендуют для изготовления и наплавки деталей, работающих при повышенных температурах. Чтобы избежать охрупчивания наплавленного слоя и металла ЗТВ, процесс наплавки необходимо вести с минимальным тепловложением, используя минимальные ток, напряжение и повышенную скорость наплавки. Необходимо также периодически прекращать процесс наплавки и по возможности менять место наплавки. При соблюдении этих условий, а также при наплавке на массивные детали скорость охлаждения оказывается достаточной для получения чисто аустенитной структуры.

Для механизированной наплавки используют сплошную проволоку Нп-Г13А (наплавка под флюсом) и самозащитную порошковую проволоку ПП-Нп-90Г13Н4. В случае наплавки открытой дугой порошковой проволокой, по сравнению с наплавкой под флюсом, при прочих равных условиях, обес-

печивается более быстрое охлаждение валиков. Высокомарганцевые аустенитные стали имеют невысокую стойкость против образования кристаллизационных трещин. Существенно снизить вероятность появления трещин можно путем применения чистых по фосфору наплавочных материалов и ограничением перехода кремния в металл наплавки. С целью предупреждения появления хрупких прослоек в ЗТВ и последующих сколов, особенно при наплавке этого типа металла на углеродистые стали, рекомендуют наплавку промежуточного слоя проволокой типа Св-08Х20Н10Г6.

Хромоникелевые и хромоникельмарганцевые нержавеющие стали. При наплавке этих сталей необходимо обеспечивать стойкость наплавленного металла против образования кристаллизационных трещин и его коррозионную стойкость в процессе эксплуатации. Для предотвращения кристаллизационных трещин рекомендуется применять следующие меры: получение в наплавленном металле двухфазной структуры; ограничение содержания в нем вредных примесей; применение основных электродных покрытий и фторидных флюсов; наплавку промежуточного слоя; применение технологических приемов и способов наплавки, ограничивающих проплавление основного металла.

Образование в наплавленном металле двухфазной структуры (аустенит и феррит, аустенит и карбиды, аустенит и боридная эвтектика, аустенит и хромоникелевая эвтектика) способствует измельчению структуры, устранению ее транскристаллитности, в результате повышается стойкость наплавленного металла против образования кристаллизационных трещин. Наиболее широкое применение на практике нашли наплавочные материалы, обеспечивающие получение в наплавленном металле аустенитно-ферритной структуры. Удовлетворительная стойкость против образования кристаллизационных трещин достигается при содержании в наплавленном металле не менее 2–3% первичного д-феррита. По этому принципу разработаны проволоки типа Св-Х18Н10Т, Св-Х17Н13М2Т.

При наплавке сталей и сплавов с большим запасом аустенитности, когда получение в структуре наплавленного металла второй фазы затруднено, для предотвращения кристаллизационных трещин ограничивают содержание вредных примесей — серы, фосфора, кремния и некоторых других эле-

ментов, заменяют часть никеля марганцем, дополнительно легируют наплавленный металл азотом, молибденом, вольфрамом. В качестве примера можно привести проволоки Св-08Х20Н10Г6, Св-10Х16Н25АМ6, электроды ЭА-395/9.

Наиболее опасный вид коррозионного разрушения для металла данного типа — межкристаллитная коррозия, склонность к которой проявляется после выдержки в температурном интервале 450–850 °С. Для борьбы с этим видом коррозии необходимо ограничивать содержание углерода в наплавленном металле на уровне 0,02–0,03% или легировать его титаном, ниобием, связывая углерод в прочные карбиды этих металлов.

Таким образом, во всех случаях при наплавке нержавеющих сталей на углеродистые конструкционные необходимо ограничивать проплавление основного металла. При наплавке этого типа металла широкое применение нашла электрошлаковая наплавка лентами, обеспечивающая минимальное проплавление.

Высокохромистые чугуны являются наиболее распространенным типом наплавленного металла, который используют для увеличения долговечности деталей, подвергающихся абразивному, газо- и гидроабразивному изнашиванию. Высокой износостойкостью обладают зазвтектические чугуны, содержащие в структуре первичные карбиды хрома типа Me_7C_3 . Дополнительное легирование высокохромистого чугуна бором существенно повышает его износостойкость, но снижает сопротивление ударным нагрузкам.

Наплавленный металл данного типа склонен к образованию холодных трещин, предупредить которые, особенно при наплавке крупных деталей, очень трудно. Эти трещины чаще всего не переходят в основной металл, они мало влияют на абразивную износостойкость, и для этого вида изнашивания трещины считаются вполне допустимым дефектом. При гидро- и газоабразивном изнашивании, если трещины расположены вдоль потока с абразивными частицами, то они могут служить очагами разрушения наплавленного слоя. Такие трещины являются недопустимыми.

Для уменьшения вероятности образования холодных трещин наплавку необходимо выполнять на основном металле или подслое с возможно низким пределом текучести, применение же подслоя из легированных сталей с высоким пределом текучести

(что иногда встречается на практике) приводит к увеличению количества трещин. Предварительный подогрев деталей до 500–600 °C и последующее замедленное охлаждение в печи позволяют устранить холодные трещины, но такая технология применима лишь для деталей небольшого размера и простой формы.

Коррозионностойкие и жаростойкие никелевые сплавы дополнительно легированы молибденом, хромом, и за рубежом известны под фирменными названиями Хастеллой или Инконель. Они обладают высокой жаропрочностью, хорошей стойкостью против термической усталости, мало склонны к трещинообразованию. В наплавочном производстве эти сплавы используют, в основном, в виде порошков для плазменной наплавки, реже — в виде проволоки для наплавки в защитных газах или под флюсом. Особых сложностей при их наплавке не возникает, однако, если в качестве основного металла используют закаливающиеся стали, рекомендуется предварительный подогрев, температура которого определяется составом основного металла, и замедленное охлаждение после наплавки.

Никелевые сплавы, легированные хромом, бором, кремнием (колмонаи). Сплавы этого типа обладают высокой стойкостью в различных агрессивных средах, высокой износстойкостью при трении металла по металлу в условиях сухого трения и стойкостью против задиров. Выпускают эти сплавы в виде порошков и используют для газо- и плазменно-порошковой наплавки. Колмонаи имеют относительно невысокую температуру плавления (980–1100 °C) и для их расплавления требуется меньшая мощность, чем, например, для расплавления сталей. Соответственно наплавку этих сплавов производят на меньших режимах. Наплавку ведут с предварительным подогревом, температура подогрева в зависимости от состава основного и присадочного металлов может колебаться от 300 до 500 °C, после наплавки необходимо обеспечить замедленное охлаждение деталей.

Кобальтовые сплавы с хромом и вольфрамом (стеллиты). Несмотря на высокую цену, кобальтовые сплавы достаточно широко используют в наплавочных работах, так как они обладают высокой жаропрочностью и коррозионной стойкостью, износстойкостью при трении металла о металл без смазки и способны сохранять

твердость при высоких температурах.

При наплавке кобальтовых сплавов необходимо стремиться к минимальному переходу железа из основного металла в наплавленный, в противном случае свойства последнего резко ухудшаются. Наплавленный металл склонен к образованию горячих и холодных трещин, поэтому наплавку ведут с предварительным подогревом до 600–700 °C. Для массивных деталей применяют и сопутствующий подогрев. После наплавки необходимо замедленное охлаждение наплавленных деталей.

В качестве наплавочных материалов используют литые прутки, покрытые электроды или порошки. Наилучшие результаты обеспечивает плазменно-порошковая наплавка, при которой доля основного металла в наплавленном составляет 5–7%, и заданный химический состав наплавленного металла получают уже в первом слое. При наплавке покрытыми электродами доля основного металла в наплавленном достигает 30% и необходимый состав получают только в третьем-четвертом слое. Это увеличивает расход очень дорогого наплавочного материала и повышает трудоемкость наплавочных работ.

Сплавы на основе карбидов вольфрама или хрома обладают высокой износстойкостью в условиях абразивного изнашивания. Высокая износстойкость поверхности, армированной сплавами на основе карбидов, обусловлена тем, что матрица сплава изнашивается быстрее, и выступающие твердые зерна карбидов принимают на себя основную нагрузку. Сплавы не имеют строго определенного химического состава, поскольку степень растворения твердых зерен карбидов зависит от их размеров, температуры и продолжительности нагрева, а также от интенсивности перемешивания. Технология и техника наплавки сплавов на основе карбидов должна обеспечивать минимальное их растворение в сплаве-связке, карбиды не должны претерпевать нежелательные превращения в результате нагрева при наплавке. Обеспечить такие требования в наилучшей степени можно при индукционной, газовой или печной наплавке.

Наибольшее распространение получила наплавка литым карбидом вольфрама (релитом). Для наплавки используют релит в виде зерен различного размера (релит-3), в виде стальных трубок, заполненных релитом (релит-T3), в виде стальной ленты, заполненной релитом (релит АН-Л3). ■

“Металлообработка-99” — путь к сотрудничеству

Ю. В. Демченко, канд. техн. наук,
ГВП “Экотехнология” (Киев)

В Минске с 23 по 26 марта в выставочном павильоне по пр. Машерова, 14 проходила 4-я международная специализированная выставка “Металлообработка-99”. Это — традиционный форум станкостроителей и металлопереработчиков, по праву признанный одним из самых авторитетных и представительных в Беларусь. Организаторы выставки — Министерство промышленности Республики Беларусь, ассоциация “Станкоком”, выставочная компания “Минскэкспо” и др., пригласили принять участие ведущие предприятия и организации из Беларусь, России, других стран СНГ, фирмы из стран дальнего зарубежья, занимающиеся вопросами проектирования и производства металлорежущих станков, кузнецкого-прессового и литьевого оборудования, технологической оснастки, инструментов всех видов, комплектующих изделий и материалов, средств механизации и автоматизации, ручного и механизированного инструмента, контрольно-измерительных приборов, сварочного оборудования, средств ремонта и модернизации технологического оборудования, а также издания научно-технической литературы.

Солидную часть площади выставочного комплекса, естественно, занимали белорусские предприятия. Среди них — Гомельский завод станочных узлов, Минский и Гомельский станкостроительные заводы им. С. М. Кирова, Оршанский завод “Красный борец”, Молодеченский станкостроительный завод, Минский подшипниковый завод, Гомельский завод алмазного инструмента “Кристалл”, Витебский станкостроительный завод и др. Всего белорусская экспозиция была представлена 52 ведущими предприятиями.

Успехи Беларусь в области производства сварочного оборудования были представлены ГП “Минский электротехнический завод им. В. И. Козлова”. На его стенде демонстрировались современные разработки сварочных трансформаторов для ручной сварки (ТСБ-135, ТСБ-150, “Каскад-200Р”), контактной сварки (ТКС-4500), а также сварочный полуавтомат “Каскад-315”.

(Окончание на стр. 33)

Источники питания сварочной дуги

2. Источники питания переменного тока. Сварочные трансформаторы

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.**

При сварке переменным током на электроде и изделии циклически меняется полярность. За каждый период сварочный ток дважды принимает нулевое значение, при котором дуга гаснет. После кратковременного погасания повторное зажигание дуги может произойти только при повышенном напряжении, называемом пиком зажигания (U_3). Вследствие различных теплофизических свойств, а также условий охлаждения электрода и изделия значение U_3 в соседних полупериодах может быть разным. Повышение U_3 наблюдается в те полупериоды, когда катодом становится изделие. При наличии в дуговом промежутке паров легкоионизуемых элементов U_3 уменьшается, но возрастает с увеличением длины дуги (напряжения дуги U_d) и уменьшением тока сварки.

Устойчивость горения дуги переменного тока и скорость ее повторного зажигания существенно зависят от параметров источника питания. К ним, прежде всего, относятся напряжение холостого хода $U_{x,x}$, форма кривой сварочного тока, угол сдвига фаз φ между $U_{x,x}$ и сварочным током I_{cv} (рис. 1). Чем выше напряжение между электродом и изделием во время повторного возбуждения дуги, тем устойчивее ее горение. Самый простой путь обеспечения надежного повторного зажигания дуги переменного тока — повышение $U_{x,x}$ сварочного трансформатора. Однако такая мера приводит к удорожа-

нию трансформатора и ухудшению его эксплуатационных характеристик. В большинстве случаев величина $U_{x,x}$ сварочных трансформаторов находится в пределах 60–80 В для ручной дуговой сварки и 110–120 В для автоматической сварки под флюсом.

Сварочные трансформаторы относятся к наиболее простым и достаточно надежным в эксплуатации аппаратам. В настоящее время известны десятки разнообразных конструкций сварочных трансформаторов с падающими и относительно жесткими внешними характеристиками. Требования к виду внешних характеристик сварочных трансформаторов определяются такими показателями, как тип электрода (плавящийся, неплавящийся), состав защитной среды, в которой горит дуга, степень механизации процесса (ручная, полуавтоматическая, автоматическая сварка), способ регулирования режима горения дуги (саморегулирование, автоматическое регулирование напряжения дуги). Каждому виду сварки соответствует вполне определенная крутизна внешней характеристики. Так, наиболее крутые характеристики используют для аргонодуговой сварки, более пологие — для сварки покрытыми электродами, еще более пологие — для сварки под флюсом.

Самыми распространенными являются трансформаторы с падающими внешними характеристиками (ПВХ), формирующимиися в подавляющем большинстве случаев за-

чет развитого магнитного рассеяния трансформатора. Любой трансформатор характеризуется коэффициентом магнитной связи между его первичной и вторичной обмотками. В сварочном трансформаторе для получения ПВХ коэффициент магнитной связи стремится сделать меньше, искусственно увеличивая магнитное рассеяние трансформатора. Существуют различные способы получения развитого магнитного рассеяния и регулирования его степени. Наиболее известные — разнесение первичной и вторичной обмоток по высоте магнитопровода, введение пакетов стальных пластин на пути потоков рассеяния (магнитные шунты), размещение первичной и вторичной обмоток на разных стержнях магнитопровода трансформатора (ярмовое рассеяние).

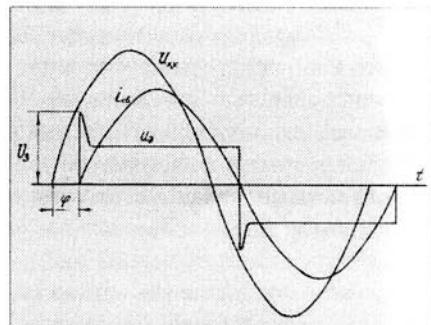


Рис. 1. Кривые напряжения холостого хода $U_{x,x}$, тока сварки I_{cv} и напряжения дуги U_d

При нагрузке потоки рассеяния создают электродвижущую силу (ЭДС), за счет которой понижается вторичное напряжение трансформатора U_2 . Чем больше вторичный ток, тем ниже U_2 . При коротком замыкании вторичной обмотки ($U_2=0$) весь поток, создаваемый обмотками, является потоком рассеяния, и ЭДС, наводимая этим потоком, полностью уравновешивается напряжением, приложенным к первичной обмотке трансформатора. Так формируется падающая внешняя характеристика сварочного трансформатора. К основным параметрам, по которым можно оценить технологические возможности трансформатора, кроме напряжения холостого хода $U_{x,x}$, относятся минимальный и максимальный ток короткого замыкания. Значения этих токов в свою очередь определяются соответственно максимальным и минимальным индуктивным сопротивлением рассеяния трансформатора.

Трансформаторы с механическим регулированием (серия ТДМ). На рис. 2 схематично представлены наиболее распространенные конструкции сварочных трансформаторов с механическим регулированием сварочного тока.

Индуктивное сопротивление рассеяния, например, однофазного трансформатора стержневого типа с подвижной обмоткой (рис. 2, а), определяется геометрическими размерами магнитопровода, катушек первичной W_1 и вторичной W_2 обмоток, а также расстоянием h между ними, изменяя которое, регулируют силу сварочного тока. Максимальный ток достигается при сдвинутых катушках, с увеличением расстояния между обмотками ток падает. Масса трансформатора с подвижной обмоткой в значительной мере зависит от диапазона регулирования сварочного тока: чем шире диапазон, тем больше масса. Для расширения пределов регулирования сварочного тока часто осуществляют пересоединение катушек с параллельного включения (большие токи) на последовательное (малые токи). Трансформаторы с подвижными обмотками серии ТДМ выпускают в основном в России и Узбекистане. Они рассчитаны на номинальные токи 300, 400 и 500 А.

В трансформаторе на рис. 2, а основная часть магнитного потока рассеяния замыкается через воздушный канал в окне магнитопровода между первичной и вторичной обмотками. Магнитная проводимость этого канала зависит от ширины окна магнитопровода: чем уже окно, тем больше проводимость.

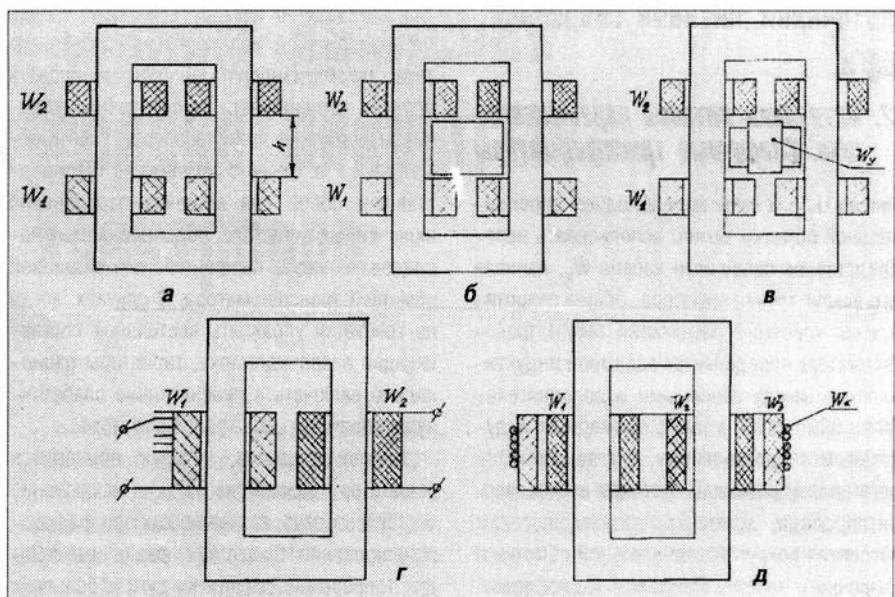


Рис. 2. Конструктивные схемы трансформаторов для дуговой сварки, регулируемые подвижными обмотками (а), перемещаемым (б) и подмагничиваемым (в) шунтом, переключением витков одной из обмоток (г), охватывающими дополнительной обмоткой и сварочным кабелем (д)

Значение проводимости можно регулировать при помощи магнитных шунтов, вводимых в окно магнитопровода (рис. 2, б). При введении шунта в окно сварочный ток уменьшается.

Трансформаторы с шунтами в Украине выпускают ОАО "Фирма "СЭЛМА" (ТДМ-121, ТДМ-180, ТДМ-403), АО "Каховский завод электросварочного оборудования" (КИ 002-500, ТДМ-259) и Опытный завод электросварочного оборудования ИЭС им. Е. О. Патона (СТШ-250). Эти трансформаторы пользуются спросом благодаря простоте, легкости в регулировании сварочного тока и небольшой стоимости.

В трансформаторах с механическим регулированием подвижные активные части подвержены вибрации, возникающей под действием электромагнитных сил. Эти силы пропорциональны квадрату тока и пульсируют с двойной частотой сети. Поэтому надежность таких аппаратов зависит от того, насколько удачно сконструирован регулировочный узел.

Трансформаторы с неподвижными шунтами (рис. 2, в), магнитная проницаемость которых регулируется подмагничиванием постоянным током, в настоящее время встречаются редко. Шунты таких трансформаторов снабжены специальной обмоткой W_y , которая питается от источника постоянного тока. К этой группе можно отнести также источники питания, в состав которых входят

трансформаторы с нормальным рассеянием и дроссели насыщения.

В трансформаторах с ярмовым рассеянием (рис. 2, г) подвижные части отсутствуют. Первичная и вторичная обмотки либо их секции расположены на разных стержнях магнитопровода. При работе трансформатора, когда по первичной и вторичной обмоткам протекает электрический ток, вокруг трансформатора образуется магнитное поле, аналогичное полю, возникающему вокруг дросселя с разомкнутым магнитным сердечником. Регулирование сварочного тока производится механическим переключением числа витков обмоток трансформатора, а также различными комбинациями взаиморасположения секций первичной и вторичной обмоток.

В трансформаторах ТСБ-90-1 регулирование осуществляется ступенчато, что вызывает изменение $U_{x,x}$. Введение в схему трансформатора дополнительной обмотки W_d , охватывающей оба стержня магнитопровода и обмотки, расположенные на них (рис. 2, д), позволяет сохранить значение $U_{x,x}$ практически неизменным. Эта дополнительная обмотка обладает значительным коэффициентом взаимной индукции с основными обмотками только при нагрузке. Включая встречно или согласно такую обмотку с первичной или вторичной обмоткой трансформатора, можно изменять индуктивное сопротивление, не оказывая при этом влия-

Источники питания сварочной арки

2. Источники питания переменного тока. Сварочные трансформаторы

ния на $U_{X,X}$. В качестве еще одной дополнительной обмотки можно использовать непосредственно сварочный кабель W_K , навивая его вокруг трансформатора. Общее сопротивление короткого замыкания такого трансформатора определяется взаимной индуктивностью между основными и дополнительными обмотками, а также суммарным индуктивным сопротивлением, слагаемые которого пропорциональны потокам в окне магнитопровода, ярмовым потокам, потокам рассеяния вокруг дополнительной обмотки и сварочного кабеля. Подобные трансформаторы (ТСМ-250) с диапазоном регулирования тока 90–250 А большими партиями выпускались в 80-х годах и до сих пор находятся в промышленной эксплуатации. Трансформатор с ярмовым рассеянием составляет основу источника питания ТДК-315 ("Проммонтажэлектроника", Харьков).

Трансформаторы с тиристорным регулированием (ТТР). Применение тиристоров позволяет снизить массу силового трансформатора, стабилизировать режим

сварки при различных возмущениях, управлять постоянной составляющей сварочного тока, автоматизировать и программировать процесс, ограничивать до безопасных величин напряжение холостого хода трансформатора и т. п. Обычно регулятор в ТТР представляет собой два встречно-параллельно включенных тиристора, подсоединяемых последовательно с первичной или вторичной обмоткой трансформатора. В случаях, когда не требуется управлять постоянной составляющей сварочного тока, тиристоры рационально включать в сравнительно слаботочную первую цепь трансформатора.

Основная задача, которую приходится решать при разработке ТТР, — исключение бестоковых пауз, возникающих при фазовом регулировании. Существуют различные меры для непрерывной подпитки дуги небольшим (10–30 А) током. Наиболее простой путь — шунтирование тиристоров регулятора дросселем (*рис. 3, а*). При этом реактивное сопротивление дросселя должно быть примерно на порядок выше индуктивного сопротивления трансформатора. Конструктивно дроссели с воздушным зазором и силовой трансформатор могут быть смонтированы на общем магнитопроводе (*рис. 3, б*). Такая конструкция применена в малогабаритных сварочных трансформаторах ТДЭ-100 и ТДЭ-250.

Шунтирующее силовой части тиристорного регулятора частично способствует улучшению горения дуги. Поэтому более рациональным представляется источник питания, в состав которого входят два трансформатора — основной T_1 , рассчитанный на nominalную нагрузку, и вспомогательный T_2 , имеющий развитое магнитное рассеяние и работающий практически в режиме короткого замыкания (*рис. 4*). Тиристорный коммутатор TK закрывается в момент перехода тока через нуль. На разрядном промежутке возникает бросок напряжения (равный сумме напряжений T_1 и T_2), способствующий надежному повторному зажиганию дуги. В определенный момент времени (в соответствии с заданным режимом) TK открывается, и сварочный ток возрастает до требуемого значения. Питание дуги теперь осуществляется от T_1 , имеющего невысокое (порядка 45 В) напряжение холостого хода и пологую внешнюю характеристику. Плавное изменение режима в достаточно широких пределах достигается за счет регулирования угла отпирания тиристоров TK . Подобным образом устроен источник переменного тока УДС-251 с плав-

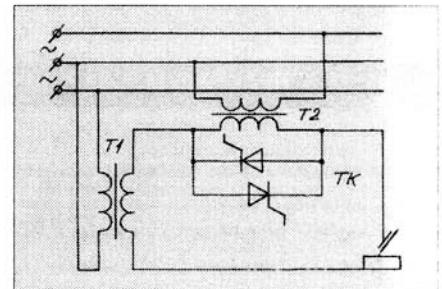


Рис. 4. ТТР с подключением вспомогательного трансформатора

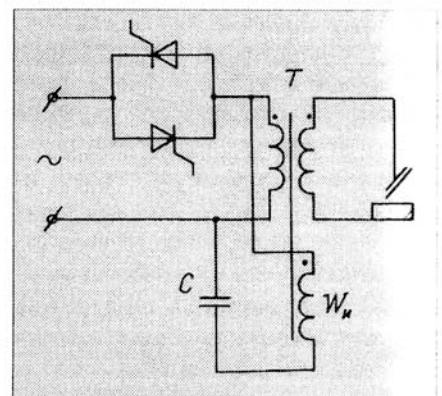


Рис. 5. Схема стабилизирующей цепочки ТТР

ным регулированием тока в диапазоне 50–275 А. При сравнительно небольшой массе (45 кг) УДС-251 обеспечивает сварку плавящимися и неплавящимися электродами, модуляцию сварочного тока и стабилизацию горения дуги.

В трансформаторах ТДФЖ-1002 и ТДФЖ-2002 для сварки под флюсом цепи дополнительного питания, аналогичные описанным выше, отсутствуют. В этих ТТР параллельно первичной обмотке трансформатора включена цепь, состоящая из конденсатора C и дополнительной импульсной обмотки W_u , которая расположена в зоне вторичной обмотки трансформатора T (*рис. 5*). При включении одного из тиристоров коммутатора, находящегося также в первичной цепи, конденсатор заряжается до мгновенного значения сетевого напряжения. Импульс зарядного тока трансформируется во вторичную цепь силового трансформатора, вызывая на дуговом промежутке всплеск напряжения, достаточный для повторного возбуждения дуги. В следующий полупериод процесс зарядки конденсатора повторяется в обратном направлении. По окончании периода проводимости каждого из тиристоров конденсатор разряжается на первичную обмотку.

Представленные выше конструкции и схемы сварочных трансформаторов можно рассматривать как базовые, которые находят свое развитие в новых источниках питания переменного тока. ■

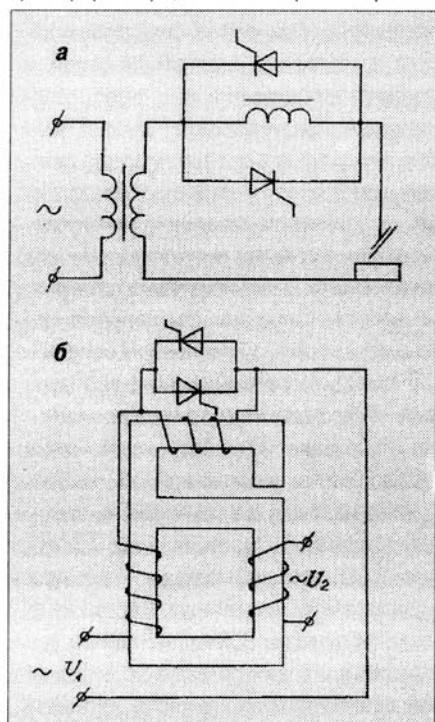


Рис. 3. Схема (а) и конструкция (б) ТТР с дросселем, шунтирующим тиристорный коммутатор

Требования к условиям хранения и подготовки к сварке покрытых металлических электродов

Н. В. Скорина, канд. техн. наук, ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины, Б. В. Юрлов, канд. техн. наук, ГВП "Экотехнология" (Киев)

Ручная дуговая сварка покрытыми металлическими электродами является одним из самых распространенных способов изготовления сварных металлоконструкций.

Неправильная транспортировка и хранение покрытых сварочных электродов могут серьезно влиять на качество сварных соединений, вызывая появления в металле шва недопустимых дефектов (пор, трещин и др.). Каждый сварщик, мастер или технолог должен знать и выполнять определенные правила хранения и подготовки к сварке электродов.

Качество электродов может ухудшаться под влиянием многих факторов, наиболее значимыми из которых являются:

- механические повреждения покрытия;
- адсорбция атмосферной влаги покрытием;
- старение покрытия.

Чувствительность электродов к повреждениям и влияние этих повреждений на качество сварки существенно зависят от вида покрытия, марки и диаметра электрода.

1. Механические повреждения покрытия

Покрытие электродов имеет определенную прочность. Однако по механическим свойствам оно близко к керамике и, естественно, не может выдержать те же динамические и статические нагрузки, что и металлический электродный стержень. Поэтому в результате небрежного отношения к электродам может произойти разрушение прежде всего покрытия, что неизбежно приведет к нарушению защиты расплавленного металла и образованию дефектов в шве. Особенно опасны отколы покрытия на торце электрода, которые в момент зажигания дуги вызывают образование т. н. "стартовой" пористости шва. Механически поврежденное покрытие может самопроизвольно отделяться от стержня в процессе сварки, затрудняя горение дуги, вызывая образование пор и крупных шлаковых включений.

При перегрузке, транспортировке и хранении электродов не допускается бросать пачки с электродами, сваливать их в кучу, укладывать в стопы высотой более 600 мм. Особенно осторожно следует относится к электродам с основным видом покрытия, которое являются наименее прочным и наиболее чувствительным к появлению дефектов (прочность основного покрытия, например, в 1,5–2 раза меньше рутилового).

Прочность покрытия электродов уменьшается с увеличением диаметра электрода и толщины покрытия. Повторная прокалка электродов перед сваркой понижает прочность покрытия (особенно основного). Поэтому не допускается более одно-двухкратной (в зависимости от марки) повторной прокалки электродов с основным видом покрытия.

Электроды с механически поврежденным покрытием основного вида в практике обычно отбраковывают, а других видов — используют только для сварки неответственных изделий.

2. Адсорбция атмосферной влаги покрытием

Повышенное содержание влаги в покрытии электродов оказывает отрицательное влияние на качество шва, вызывая образование в нем пор и трещин, ухудшение сварочно-технологических свойств электродов. Сварщик не может заметить, что использует "сырой" электрод до тех пор, пока шов не подвергнется контролю. К сожалению, большинство пор в металле шва не удается выявить визуально, и только ультразвуковой или рентгеновский контроль позволяет установить наличие дефектов. Поскольку контроль швов, как правило, — заключительная технологическая операция, то удаление дефектных участков и повторная заварка связаны со значительными материальными и трудовыми затратами.

Основным источником влаги в покрытии в большинстве случаев является влага связующего покрытия (жидкого стекла), оставшаяся после термообработки электродов, а также влага, поглощенная покрытием из окружающей атмосферы.

Содержание влаги в покрытии, остающееся после термообработки электродов, зависит от вида покрытия и назначения электрода и составляет от 0,1 до 2%. Это количество является допустимым, т. е. не приводит к появлению дефектов при сварке. Конкретное допустимое содержание влаги в покрытии перед сваркой указывают на этикетке данной марки электрода.

Адсорбированная из воздуха атмосферная влага, как правило, ухудшает качество электродов и сварного шва. Наиболее чувствительными к поглощенной влаге являются электроды с основным видом покрытием (низководородные электроды).

Сварные швы, выполненные электродами с другим видом покрытия (кислым, рутиловым, смешанным), менее чувствительны к поглощенной покрытием влаге. Поэтому в них допускается более высокое содержание влаги в покрытии (0,5–0,9%). Однако в целлюлозных электродах для обеспечения необходимых сварочно-технологических свойств уровень влажности покрытия должен составлять 1,0–2,0%. Более низкая влажность покрытия данного вида увеличивает разбрзгивание при сварке и риск появления пористости шва.

Степень увлажнения электродного покрытия зависит от состава покрытия, технологических режимов изготовления электродов и условий их хранения (упаковки, влажности и температуры в помещении, продолжительности хранения).

Определяющими факторами в поглощении влаги покрытием являются состав связующего (щелочного силиката) и температура прокалки электродов. Покрытия, изго-

Требования к условиям хранения и подготовки к сварке покрытых металлических электродов

твленные на калиевом или калиево-натриевом силикатном связующем, весьма интенсивно адсорбируют влагу, особенно в начальный период хранения (рис. 1). При использовании натриевого связующего темп поглощения и уровень адсорбированной покрытием влаги заметно ниже. Смеси натрие-

ния в нем ферросплавов.

Хранение электродов при относительной влажности воздуха более 60% существенно усиливает склонность электродных покрытий к поглощению влаги из воздуха (рис. 3). Особенно это заметно в случае хранения электродов без упаковки. Упаковка электродов даже в двухслойную бумагу заметно снижает темп поглощения и количество адсорбированной влаги. Использование в качестве упаковочных материалов термоусадочной полиэтиленовой пленки, пластмассовых или металлических пеналов позволяет сохранить покрытие сухим даже при относительно высокой влажности окружающей среды.

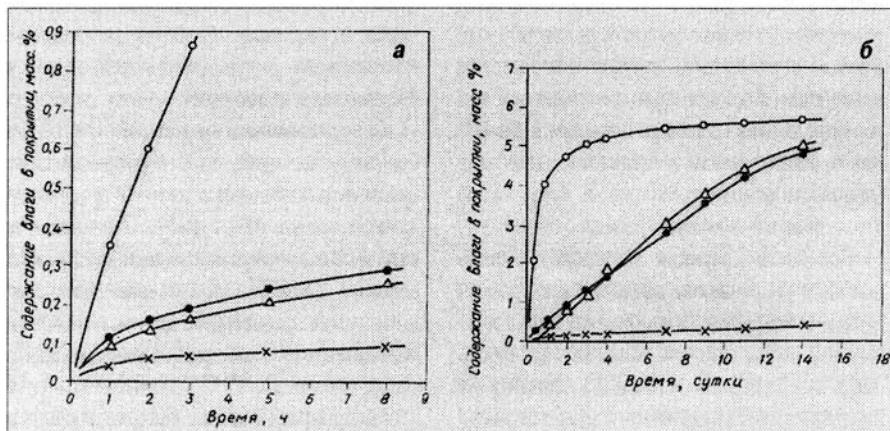


Рис. 1. Кинетика поглощения влаги покрытиями электродов марки УОНИ-13/55 при кратковременной (а) и длительной (б) выдержке в климатической камере при температуре 18–20 °С и относительной влажности 84%, изготовленных с использованием щелочных силикатов: ○ — калия; ● — натрия; Δ — натриево-калиевого; × — лития

во-калиевого связующего с примерным соотношением 70% натриевого и 30% калиевого жидкого стекла обеспечивают стойкость покрытий к поглощению влаги на уровне натриевого силиката, а в определенных условиях и выше. Максимальная стойкость против адсорбции покрытием атмосферной влаги достигается при использовании литиевых, а также натриево- и/или калиево-литиевых силикатных связующих.

С повышением температуры прокалки электродов снижается склонность электродного покрытия к адсорбции влаги (рис. 2). На это обстоятельство следует обратить внимание производителям сварочных электродов с покрытием основного вида. Однако температуру прокалки выше 400–420 °С устанавливать не рекомендуется из-за возможности потери механической прочности покрытия и нарушения металлургических характеристик электродов вследствие окисле-

ния в нем ферросплавов.

Однако упаковка электродов в полимерную пленку не исключает возможности насыщения покрытия влагой, если электроды хранят в неотапливаемом помещении в холодное время года. Из-за разности температур в ночное и дневное время на поверхности металлического стержня возможно конденсирование влаги, которая затем поглощается покрытием. Образование конденсата на металлическом стержне вызвано тем, что при традиционной упаковке в полимерную пленку внутри упаковки остается воздух. С целью предупреждения образования конденсата применяют дополнительное вакуумирование и заполнение упаковки сухим газом перед ее герметизацией.

3. Старение покрытия

Физико-химические изменения состояния покрытия, именуемые как старение, связаны с действием влаги, которая либо оста-

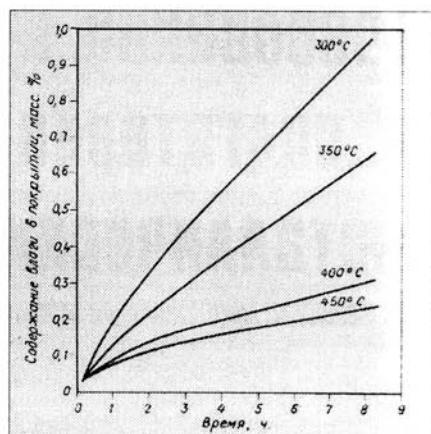


Рис. 2. Кинетика поглощения влаги покрытием электродов УОНИ-13/55 (Ø 4,0 мм) после термообработки в климатической камере при 18–20 °С и относительной влажности 84%

лась в покрытии вследствие недостаточной прокалки электродов или адсорбирована из атмосферы. Старение проявляется в образовании белого налета на поверхности покрытия, ржавлении стального стержня и железного порошка, который входит в состав покрытия ряда марок электродов.

Белый налет — результат взаимодействия щелочи жидкого стекла с углекислым газом воздуха и образования карбонатов натрия и/или калия. Налет сам по себе не влияет на сварочно-технологические свойства большинства марок электродов, однако он может усилить поглощение влаги покрыти-

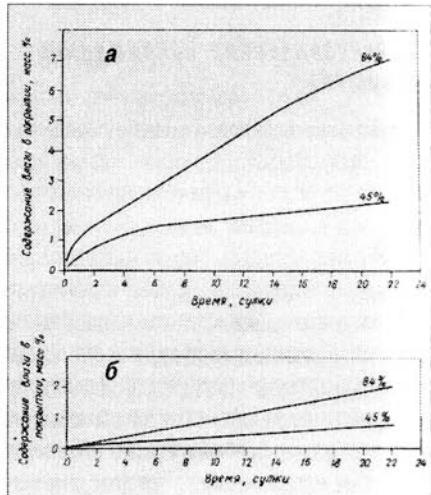


Рис. 3. Кинетика поглощения влаги покрытием электродов УОНИ-13/55 (диаметром 4,0 мм) без упаковки (а) и упакованных (б) при относительной влажности 45 и 84% и температуре 18–20 °С

ем, а также уменьшить его механическую прочность из-за перехода образовавшихся гидратированных карбонатов из одной кристаллической формы в другую.

Ржавление стержня снижает прочность покрытия, вызывая его отслаивание, а также может способствовать появлению пор в сварных швах. Поэтому низководородные электроды, имеющие на поверхности стержней следы ржавления, нельзя применять для сварки.

4. Хранение и подготовка к сварке электродов

Каждую поступающую на предприятие партию электродов необходимо складировать отдельно. Электроды должны храниться в упаковке с высотой стопы пачек не более 600 мм, в отапливаемых помещениях при температуре не ниже плюс 10 °С для электродов с рутиловым и кислым покрытием и не ниже плюс 15 °С для электродов с основным видом покрытия. Относительная влажность должна быть не более 60%. Электроды перед использованием подлежат проверке на содержание влаги в покрытии или повторной прокалке. При превышении норм влажности покрытия, которые оговорены технической документацией на конкретную марку электродов, необходимо произвести повторную прокалку электродов. Режимы повторной прокалки некоторых наиболее применяемых марок электродов приведены в таблице.

Перед прокалкой электроды следует освободить от упаковки. Прокалку производят в электропечах, обеспечивающих равно-

Таблица. Режимы повторной прокалки электродов

Вид покрытия	Марка электрода	Режим прокалки Температура, °С	Продолжительность, мин
Рутиловое	AHO-4; AHO-24	180 ± 10	40
	MP-3	170 ± 10	40
	O3C-4	140 ± 20	40
	AHO-21	120 ± 10	40
Рутил-целлюлозное	AHO-29M	110 ± 10	25–30
Целлюлозное	BCZ-4A	100 ± 10	60
Основное	YOHNI 13/55	350 ± 25	60–90
	DCK-50	360 ± 10	120
	AHO-TM/60	390 ± 10	60–90
	ЦУ-5	360 ± 20	90–150
	TMU-21Y	390 ± 10	60–90

мерную температуру по объему рабочего пространства. Если печь не подключена к вентиляции или не имеет вентиляционного отверстия, то при термообработке электродов не следует закрывать дверь печи, чтобы обеспечивалась возможность удаления образующегося пара.

На рабочем месте сварщик должен предусмотреть меры защиты электродов от прямого попадания воды, особенно при работе на открытом воздухе. Для этого сварщик может использовать металлический ящик с плотно закрывающейся крышкой на 1–2 пачки электродов. Нижняя часть должна иметь поперечины для того, чтобы дно ящика не соприкасалось с землей (полом).

При сварке в цеховых условиях электроды необходимо хранить в специально отапливаемом помещении. Электроды с покрытием основного вида рекомендуется держать

в терmostатированных шкафах при температуре 60–80 °С.

При сварке в полевых условиях электроды, независимо от вида покрытия, следует хранить в контейнерах (термопеналах) с электрическим обогревом, где поддерживается температура 80–100 °С. Не рекомендуется хранить электроды в том же месте, где хранится или сушится рабочая одежда.

Известны различные типы сушильных шкафов для хранения электродов и подготовки их для сварки в полевых и заводских условиях, например, СНО-5.5.5/5-111, СНО-0.7.4.5/3.5-И1 и ЭОС-0.9/2-И1 Утенского завода электропечей.

Таким образом, соблюдение правил хранения и подготовки электродов к сварке может предотвратить образование недопустимых дефектов в металле шва и гарантирует качество сварной конструкции. ■

E. A. Копыленко – 60 лет

В апреле 1999 г. Евгению Аркадьевичу исполнилось 60 лет. Общество Сварщиков Украины, редакция журнала «Сварщик» тепло и сердечно поздравляют Вас, Евгений Аркадьевич, с юбилеем.

Свою трудовую деятельность Евгений Аркадьевич связал с Симферополем. После окончания в 1961 г. Днепропетровского института инженеров транспорта он пришел на электротехнический завод инженером-конструктором и прошел путь до главного конструктора. С 1972 г. Е. А. Копыленко — главный инженер, затем директор электромашиностроительного завода, а с 1996 г. — председатель правления ОАО «Фирма СЭЛМА».

Опытный и талантливый руководитель, обладающий глубокими инженерными знаниями, Е. А. Копыленко сумел разобраться в сложной экономической обстановке и выбрать единственно верный путь, позволивший ОАО «Фирма СЭЛМА» стать одним из ведущих предприятий по производству сварочного оборудования.

Желаем Вам, Евгений Аркадьевич, больших производственных успехов, достижения новых вершин, здоровья, благополучия родным и близким.



*Общество Сварщиков Украины
Редакция журнала «Сварщик»*

Облегченные сфероцилиндрические баллоны

P. V. Томашевский, Е. И. Шинлов, М. А. Нетребский, кандидаты техн. наук, ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины

Известно, что в ряде развитых стран ведутся работы по переводу транспорта, в частности автомобильного, с жидкого топлива на газ. Так, в США принята национальная программа по газификации автотранспорта. Актуальность этой проблемы объясняется двумя обстоятельствами: во-первых, запасы природного газа многократно превышают запасы жидких углеводородов, во-вторых, при работе двигателей на газе в окружающую среду поступает значительно меньше вредных веществ, чем в случае использования жидкого топлива.

Однако ввиду малой плотности газа при нормальных условиях его необходимо содержать в сжатом состоянии под высоким давлением (20 МПа и выше), что связано со значительной массой газовых баллонов. Существуют два взаимодополняющих пути снижения массы баллонов: применение более прочных материалов и создание оптимальной конструкции баллонов. Известно, что в сферических сосудах (рис. 1, а) требуемая толщина стенки в два раза меньше, чем в цилиндрических. Но такие баллоны сложнее в изготовлении, а занимаемое ими пространство используется нерационально. Поэтому широкое распространение, особенно на транспорте, получили цилиндрические баллоны. В процессе поиска наиболее рациональной конструкции такого сосуда в 40-е годы были предложены баллоны, состоящие из отдельных сферических участков (рис. 1, б), места соединения которых приваривали к внутренним дискам (мембранам). Расчеты показали, что таким путем возможно создание баллонов, металлоемкость которых не превышает металлоемкости сферического баллона.

С появлением новых, в частности, композиционных материалов, плотность которых меньше, а прочность выше традиционно применяемой стали, открываются новые возможности создания газовых баллонов, металлоемкость которых ниже металлоемкости сферических. В таких сфероцилиндрических баллонах вместо мембран возможно применение бандажей (рис. 1, в) из высокопрочных материалов.

Объективной характеристикой металлоемкости баллона является отношение его

массы к массе находящегося в нем газа. В результате проведенного анализа было установлено, что металлоемкость сферического баллона

$$K_c = \frac{3}{4} \frac{\delta}{\delta^0 \sigma} \left(2 + \frac{P}{\sigma} + \frac{1}{6} \frac{P^2}{\sigma^2} \right), \quad (1)$$

а цилиндрического

$$K_u = \frac{3}{2} \frac{\delta}{\delta^0 \sigma} \frac{\left(2 + \frac{P}{\sigma} \right) (2n+1) + \frac{1}{6} \left(\frac{P}{\sigma} \right)^2}{3n+2}, \quad (2)$$

где δ – плотность металла баллона; δ^0 – плотность газа при нормальной температуре (+20 °C); σ – расчетное напряжение в металле; P – давление газа; n – отношение длины цилиндрической части баллона к его внутреннему диаметру.

Сравнение величин K_c и K_u показывает, что металлоемкость сферического баллона ниже металлоемкости цилиндрического, например, при $P/\sigma=1/15$ и $n=8$ отношение $K_c / K_u = 0,766$.

Конструктивно сфероцилиндрический баллон представляет собой набор участков, каждый из которых является частью сферы. Места соединения участков укрепляют либо посредством мембран (рис. 1, б), либо с помощью бандажей (рис. 1, в).

Выполнив соответствующие расчеты на основании данных рис. 2, можно определить металлоемкость сфероцилиндрического баллона с мембранными:

$$K_{c_{cm}} = \frac{3}{4} \frac{\delta}{\delta^0 \sigma} \left(2 + \frac{P}{\sigma} + \frac{1}{6} \frac{P^2}{\sigma^2} \right), \quad (3)$$

Сопоставление выражений (1) и (3) показывает, что металлоемкость сферического баллона и сфероцилиндрического с мембранными одинакова. При этом сфероцилиндрический баллон достаточно технологичен при изготовлении, а наличие мембран обеспечивает полный провар стенок без дополнительных подкладок. Сфероцилиндрические баллоны позволяют также лучше сферических использовать отведенное под них пространство.

Более перспективными в части снижения массы являются сфероцилиндрические бал-

лоны с бандажами (рис. 3), которые могут быть навиты из материалов, имеющих значительно большую прочность и существенно меньшую плотность, чем материал стенок баллона. В этом случае конструкция баллона вообще может не иметь сварных соединений, а при необходимости легко осуществляется предварительный натяг бандажа.

Принцип определения металлоемкости сфероцилиндрических баллонов с бандажами тот же, что для баллонов с мембранными. Однако учитывается, что допускаемые напряжения в бандажах и их плотность существенно отличаются от допускаемых напряжений и плотности основного металла баллона. В окончательном виде формула металлоемкости сфероцилиндрического баллона с бандажом имеет следующий вид:

$$K_{c_{cb}} = \frac{3}{2} \frac{\delta}{\delta^0 \sigma} \frac{\left(A \frac{1}{ix} + 2B \right) n' + 2C}{D n'^2}. \quad (4)$$

где

$$A = 2 \left(1 + \frac{1}{4} \frac{P}{\sigma} \right) \cos \alpha \left[\left(1 + \frac{1}{2} \frac{P}{\sigma} \right) \cos \alpha + \frac{2}{3} \sin \alpha \sqrt{\frac{P}{i \sigma} \left(1 + \frac{1}{4} \frac{P}{\sigma} \right)} \right]_i;$$

$$B = 1 + \frac{3}{4} \frac{P}{\sigma} + \frac{1}{8} \left(\frac{P}{\sigma} \right)^2;$$

$$C = 1 + \frac{1}{2} \frac{P}{\sigma} + \frac{1}{12} \left(\frac{P}{\sigma} \right)^2;$$

$$D = \left(1 + \frac{1}{2} \frac{P}{\sigma} \right) \left\{ 3 - \left[1 + \frac{P}{\sigma} \left(1 + \frac{1}{4} \frac{P}{\sigma} \right) \right] \sin^2 \alpha \right\}.$$

Здесь i – отношение допускаемых напряжений материала бандажа к материалу баллона; x – отношение плотностей материала баллона к материалу бандажа; n' – отношение суммарной длины сферических участков баллона к его диаметру.

Расчеты, выполненные для сфероцилиндрического баллона с бандажом из того же материала, что и весь баллон, показали, что металлоемкость такого баллона равна или

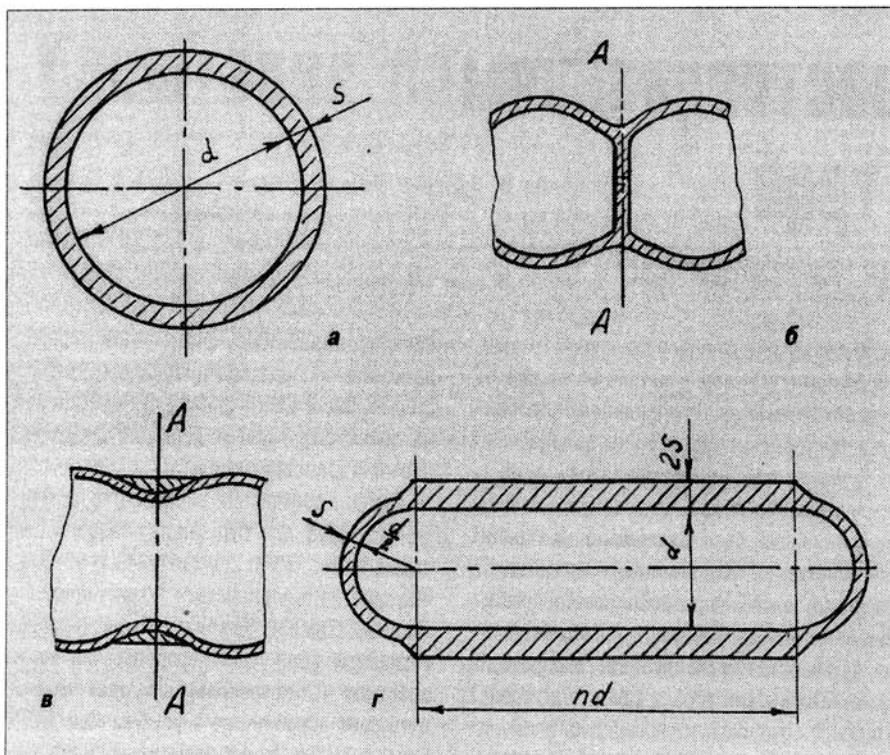


Рис. 1. Схемы баллонов для транспортировки сжиженного газа: а — сферический; б — сфероцилиндрический с внутренней мембраной; в — сфероцилиндрический с бандажами; г — цилиндрический с равнопрочными стенками

несколько больше (на 5–8%), чем сферического. Если сфероцилиндрический баллон изготовлен с бандажом из легкого высокопрочного композиционного материала ($i=x=2,5$), то его металлоемкость ниже металлоемкости сферического баллона на 20%, а цилиндрического — примерно на 40%.

Проведенные исследования убедительно показывают преимущества использования сфероцилиндрического баллона с бандажами для транспортировки сжиженного газа. При этом чем больше прочность и ниже плотность материала бандажей, тем ниже металлоемкость сфероцилиндрического баллона.

Для изготовления описанных сфероцилиндрических баллонов не требуется сложное технологическое оборудование. При производстве небольших партий сфероцилиндрических баллонов с бандажами могут быть использованы готовые стандартные баллоны из низкоуглеродистой стали. На баллон надевают бандажи из более прочной стали, помещают его в изложницу и подвергают гидравлическому давлению 4,5–5,0 МПа. В результате между бандажами образуются сферические участки.

В промышленном производстве сфероцилиндрических баллонов изготовление от-

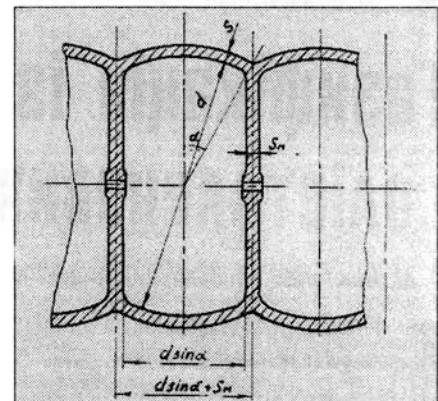


Рис. 2. Модель расчета металлоемкости сфероцилиндрического баллона с мембранами

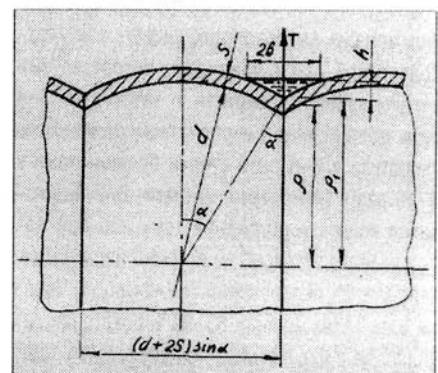


Рис. 3. Модель расчета металлоемкости сфероцилиндрического баллона с бандажами

дельных элементов возможно с использованием стандартных технологий и оборудования. Для сварки сфероцилиндрических баллонов с бандажами большой вместимости выбор технологии будет зависеть от количества выпускаемых баллонов. Предварительный анализ показывает, что производство сфероцилиндрических баллонов не потребует значительных затрат на новое технологическое оборудование. ■

(Окончание. Начало на стр. 25)

Показанное на выставке металлообрабатывающее оборудование позволяет судить о том, что белорусская станкостроительная отрасль обладает высоким потенциалом, который, несмотря на громасы рынка, удалось сохранить. Заводы республики выпускают практически все виды станков, и необходимо добавить, что продукция по качеству не уступает лучшим зарубежным аналогам, постоянно совершенствуется.

Среди российских участников выставки: ЗАО "Станкостроительный завод "Свердлов" (Санкт-Петербург), Рязанский станкостроительный завод, Московский и Серпуховский инструментальные заводы и многие другие, всего 44 участника.

Украину на выставке представляли: Нижнеднепровский трубопрокатный завод (Днепропетровск) — современными технологиями и оборудованием по выпуску труб нефтяного сортамента, железнодорожных колес и бандажей; ГВП "Экотехнология" (Киев) —

информационно-техническим журналом "Сварщик", НПФ "ВестЛабс" (Харьков) — системами средств электроавтоматики для станков с ЧПУ.

Среди экспонентов дальнего зарубежья — "Kennametal Hertel AG", "Turk", "Siemens" (Германия), "SKF" (Швеция), "Iskar" (Израиль) и многие др.

Во время работы выставки был проведен семинар "Станки и время", организатором которого выступило Министерство промышленности Республики Беларусь. ■

Газифікація із застосуванням поліетиленових труб

A. M. Шестопал, генеральний директор, НВФ "Полімербуд" (Київ)

Темпи робіт по газифікації сільських поселень можна значно прискорити, якщо застосувати для розвідних газопроводів замість сталевих труб поліетиленові. Зарубіжний досвід показує, що виробництво і застосування поліетиленових труб вимагає значно менших енергетичних витрат, вони технологічніші при будівництві, не потребують антикорозійного покриття і захисту, в 3–4 рази довговічніші в експлуатації, дозволяють скоротити в 2–3 рази строки будівництва і в 8–10 разів транспортні витрати. Значна економія коштів отримується тому, що при застосуванні таких труб не потрібні нафтобітум, крафтпапір, скловолокно та електроди. Через це в західних країнах 85–90% розвідних газопроводів будеться із поліетиленових труб.

За кордоном поліетиленові труби ефективно використовуються також при реконструкції сталевих газопроводів, що відслужили амортизаційний строк (обсяги таких газопроводів в Україні складають більше 30% всіх мереж). Цей метод ремонту здійснюється шляхом протягування поліетиленових труб у трубопроводі, що ремонтується, і дозволяє підвищити не тільки надійність, а також і безпечність подальшої експлуатації газопроводів. При такому ремонті, за зарубіжними даними, витрати складають не більше третини суми, потрібної при здійсненні ремонту традиційними методами, а строки робіт скорочуються в 4–5 разів, значно зменшуються обсяги земляних робіт і руйнування дорожніх покрівів.

З метою ефективної реалізації державної програми газифікації населених пунктів за рахунок виробництва і впровадження високоефективних ресурсозберігаючих технологій Кабінет Міністрів України прийняв постанову № 726 від 10 липня 1997 р. "Про виробництво і використання поліетиленових труб у будівництві та реконструкції газових мереж у сільській місцевості". Постановою передбачається за рахунок частини (до 5%) державних централізованих капітальних вкладень, які виділяються на газифікацію сіл, здійснення комплексу виробничо-технічних заходів по виробництву газоущільнювального

поліетилену екструзійної та літтєвої марок, виробництву поліетиленових труб та з'єднувальних деталей для газопроводів, виробництву зварюально-монтажного обладнання і інструменту для будівництва і ремонту поліетиленових газопроводів, розвитку матеріально-технічної бази будівельно-монтажних та експлуатаційно-ремонтних організацій, перегляду діючої та розробці нової нормативно-технічної документації для проектування, будівництва та експлуатації газопроводів із поліетиленових труб, а також підготовці і атестації зварників та інженерно-технічних спеціалістів будівельних організацій, проектувальників і спеціалістів служб експлуатації.

Ефективна реалізація заходів вказаної Постанови в першу чергу залежить від того, наскільки правильні технічні рішення будуть застосовуватись при проектуванні і будівництві газопроводів. Необхідно забезпечити високу надійність експлуатації збудованих газопроводів при мінімальній собівартості їх будівництва, що залежить від кваліфікації спеціалістів проектувальних та будівельних організацій. Підготовку та атестацію спеціалістів будівельних організацій по спеціальним програмам проводить міжгалузевий учбовий центр ІЕЗ ім. Є. О. Патона НАН України. По результатам цієї підготовки зварникам пластмас на термін 12 місяців видається посвідчення на право виконання зварюальних робіт, а інженерно-технічним спеціалістам будівельних організацій на термін три роки видається свідоцтво на право керівництва зварюально-монтажними роботами.

Відділ зварювання пластмас ІЕЗ ім. Є. О. Патона НАН України, згідно нормативної документації Держнаглядохоронпраці України, виконує роботи по щорічній атестації зварювального обладнання, а лабораторія випробування полімерів цього ж відділу проводить перевірку якості поліетиленових труб та з'єднувальних деталей зарубіжної поставки.

Необхідну для проектування та будівництва поліетиленових газопроводів нормативну документацію можна одержати в ВАТ "УкрНДІнжпроект" Держбуду України та

науково-виробничій фірмі "Полімербуд", здійснюючи перегляд поки що діючих СНиП 2.04.08-87 та СНиП 3.05.02-88 з їх заміною на єдині для України державні будівельні норми "Газопостачання".

Серійне промислове виробництво поліетиленових труб для будівництва газопроводів згідно вимог ТУУ В.2.5-21547843.1-97 організовано на підприємствах "Укргазифікація-Південь" (Одеса), "Ельпласт-Львів" (Городок Львівської обл.), "Сімферопольський завод пластмас" (Сімферополь), що зараз переводять своє виробництво з урахуванням ДСТУ Б.В.2.7-73-98 "Труби поліетиленові для посадки гарячих газів. Технічні умови", які введено в дію на території України з 01.01.1999 р.

Поліетиленові з'єднувальні деталі для будівництва газопроводів підприємства України поки що не випускають, тому їх потрібно закуповувати в зарубіжних фірмах, які виготовляють деталі для зварювання нагрітим інструментом встик, вроствруб та для терморезисторного зварювання.

Роботи по постановці на серійне виробництво обладнання для зварювання поліетиленових труб нагрітим інструментом проводять ВАТ "Полтавський дослідний ливарно-механічний завод" корпорації "Укрмонтажспецбуд" (Полтава) та ЗАТ "Хмельницький завод експериментального виробництва" корпорації "Украгропромбуд" (Хмельницький). Обладнання для зварювання поліетиленових труб нагрітим інструментом встик у поодиноких примірниках виготовляє науково-виробнича фірма "Зварполімер" (Київ). Вона ж виконує роботи по ремонту та наладці обладнання для зварювання.

Функції єдиного замовника з газифікації сіл за одноступеневою схемою газопостачання і використання поліетиленових труб у будівництві та реконструкції газових мереж у сільській місцевості покладені на Міністерство агропромислового комплексу України, а всю організаційно-технічну роботу з цього питання міністерство доручило асоціації по газифікації сільських населених пунктів "Укрсільгаз" (253094 Київ, вул. Попудренка, 52). ■

Испытание на стойкость

Выставка "СВАРКА" традиционно проходит в С.-Петербурге в павильонах "ЛЕНЭКСПО" раз в два года и считается выставкой № 1 в России и странах СНГ по данной тематике. Последняя выставка — 8-ая международная "СВАРКА-98" — была проведена в сентябре 1998 г.

В этом году организаторы специализированных сварочно-технических выставок прошлых лет в С.-Петербурге — Российский институт сварки, Ассоциация сварщиков С.-Петербурга, ВАО "ЛЕНЭКСПО" — решили провести эксперимент, предложив выставку "СВАРКА и ЭЛЕКТРОТЕРМИЯ-99" (27–30 апреля 1999 г. "ЛЕНЭКСПО").

По мнению устроителей, проведение "внеочередной" выставки обусловлено несколькими причинами: динамическими изменениями на рынке сварочных материалов, оборудования и технологий, необходимостью поддерживать конкурентоспособность отечественной продукции, стремлениями расширить тематику сварочных выставок за счет привлечения предприятий и организаций, работающих в смежных со сваркой областях, в частности, в области электротермии. Кроме того, в эти апрельские дни "себя показать и других посмотреть" смогли те, кто по тем или иным причинам не был на выставке "СВАРКА-98". Необходимо сразу отметить, что по своим масштабам нынешняя выставка была меньше, чем традиционная "Сварка", хотя среди участников было более 50 предприятий России, Беларуси, Украины и стран Балтии.

В рамках выставки состоялась Международная научно-техническая конференция "Сварка, высокочастотная техника, электротермия, металлообработка". На конференции было представлено более 20 докладов и сообщений по проблемам, перспективам и направлениям развития данных областей. С материалами конференции читатели журнала смогут ознакомиться в следующем номере.

Интерес участников и посетителей выставки вызвал круглый стол, во время которого специалисты смогли обменяться мнениями по актуальным проблемам современного сварочного производства:

- подготовка специалистов по требованиям европейских норм;

- гармонизация межгосударственных и национальных стандартов с требованиями международных стандартов;
- промышленная экология и охрана труда при сварке;
- новые правила аттестации сварщиков в России и странах СНГ;
- научно-техническая поддержка предприятий малого и среднего бизнеса.

При обсуждении последнего вопроса основное внимание было уделено уровню информационного обеспечения и разработке эффективных путей взаимодействия научно-исследовательских и учебных центров с предприятиями малого и среднего бизнеса. Актуальность этой темы несомненна, и в решении связанных с ней проблем активно участвует журнал "Сварщик" как составная часть комплексного Проекта "Обмен технологической информацией в Украине для поддержки процесса экономических преобразований", разработанного Программой развития ООН, Институтом электросварки им. Е. О. Патона и предприятием "Экотехнология".

С чем и с кем могли познакомиться посетители выставки "ЛЕНЭКСПО"?

Продемонстрировать свои достижения в области сварки и смежных технологий на петербургской выставке посчитали для себя престижным ведущие научно-исследовательские институты: Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины, Институт сварки России.

Сварочные материалы для ручной дуговой сварки демонстрировали ОАО "Спецэлектротруд" (Москва), ОАО "СВЭЛ" и АОЗТ "Электротрудный завод" (С.-Петербург), ЗАО "Сибэс" (Тюмень). Если с продукцией указанных заводов Москвы и С.-Петербурга специалисты хорошо знакомы, то ЗАО "Сибэс" не часто участвует в специализированных выставках. Это предприятие оснащено оборудованием всемирно известной фирмы "ESAB" (Швеция) и по технологии этой фирмы изготавливает электроды как специализированные, так и общего назначения.

Несомненно, в центре внимания посетителей были экспозиции украинских заводов-производителей сварочного оборудования: АО "Фирма "СЭЛМА" (продукцию представила фирма ИТС, С.-Петербург) и АО "Каховский завод электросварочного оборудо-

вания". Вот кто поистине выдержал "испытание на стойкость", так это создатели сварочного оборудования из Каховки.

Производитель сварочного оборудования ЗАО "Уралтермосвар", дипломант выставки "СВАРКА-98", предложил гамму одно- и двухпостовых дизельных сварочных агрегатов (АДД-4004, АДД-3101) различных модификаций.

Государственный рязанский приборный завод знакомил с новыми малогабаритными инверторами "ФОРА-115" (до 120 А) и "ФОРА-250П" (до 250 А) массой соответственно 6,2 и 11,0 кг, выпуск которых освоен в I кв. 1999 г.

Скромнее обычного на выставке была представлена аппаратура для газокислородной резки и сварки металлов. Можно только приветствовать настойчивость одесского АО "ТЕХМАШ" — единственного участника данной экспозиции, которое постоянно принимает участие в крупнейших сварочных форумах. Оборудование, предлагаемое одесситами, автоматизированные комплексы для термической резки металлов отличаются простотой в управлении и надежностью при эксплуатации.

На стенах АО "АВТОВАЗ" посетители выставки смогли познакомиться с новыми оригинальными разработками в области сварки и смежных технологий, выполненных в Управлении лабораторно-исследовательских работ: переносная установка для дугово-контактной приварки болтов и шпилек, флюс для пайки меди и ее сплавов, безвольфрамовая горелка для дуговой сварки и поверхностной термообработки железоуглеродистых сплавов и др.

Особенностью прошедшей выставки явилась демонстрация оборудования для электротермических процессов и высокочастотной электротехнологии (электротермия). Электропечи сопротивления, индукционные установки для нагрева, термообработки и плавки металлов, специальное электротермическое оборудование представили ВНИИ ТВЧ им. Волгограда, Фирма "Накал", российская электротехническая компания "РЭЛТЭК".

Выставка "СВАРКА и ЭЛЕКТРОТЕРМИЯ-99" завершилась, и уже начата подготовка к следующей 9-й международной специализированной выставке "СВАРКА-2000" (апрель 2000 г.). ■