

Сварочное производство в фирме «Азоввагон»

Н. П. Шпак, В. А. Крупенев, А. Г. Хасараджи, инженеры, фирма «Азоввагон» (Мариуполь)

Фирма «Азоввагон», входящая в структуру ОАО «Азов», в течение многих лет является основным изготовителем железнодорожных цистерн для перевозки различных грузов. Начиная с 1991 г., после маркетинговой проработки ОАО «Азов» приступил к техническому перевооружению цехов фирмы «Азоввагон» для производства различных видов контейнер-цистерн. Сейчас фирма изготавливает более 40 модификаций железнодорожных цистерн.

В процессе освоения была разработана конструкторско-технологическая документация на контейнер-цистерны типоразмера 1СС для транспортировки жидких и застывающих химических продуктов, а также сжиженных газов 3, 5, 6, 8 и 9-го классов опасности по классификации ООН.

Конструкция контейнер-цистерны соответствует требованиям Международных стандартов ISO, Международной конвенции по безопасным контейнерам, Международной таможенной конвенции и Правилам Регистра.

Научно-исследовательским проектно-конструкторским технологическим институтом ОАО «Азов» совместно с ИЭС

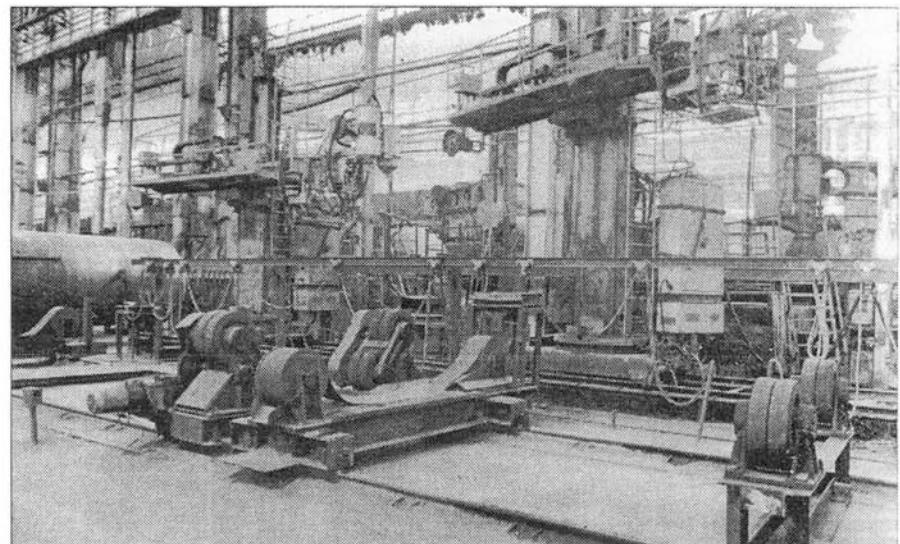


Рис. 2. Колонны со сварочным оборудованием в блочно-модульном исполнении фирмы «Радис» (Москва)

им. Е. О. Патона НАН Украины выполнен комплекс работ по сварке, испытаниям и исследованиям сварных соединений, квалификации технологических вариантов сварки для сертификации контейнер-цистерн и аттестации их производства по требованиям ABS (США). Разработка включает в себя

14 технологических вариантов сварки контейнер-цистерн из нержавеющей стали типа St 321 (аналог 12X18H10T) бельгийского производства.

Технологические процессы сварки WPS были освидетельствованы и одобрены ABS (США) и Российским Морским Регистром судоходства.

Впервые в Украине совместно с фирмой «Брэнэр» (США) разработана и внедрена в производство принципиально новая технология плазменной сварки контейнер-цистерн из нержавеющей стали толщиной 5–7 мм. С помощью сварочного оборудования фирм «Pandgeris» и «Jetline» (США) сварщик может управлять процессом сварки изделия с пульта управления и контролировать его на экране телевизора (рис. 1).

Режимы плазменной сварки на установке «Pandgeris»:

- сварка плазменная, ток постоянный, полярность обратная;
- сварочный ток 150–200 А;
- напряжение на дуге 20–25 В;
- скорость подачи электродной проволоки 50–70 м/ч;
- скорость сварки 10–12 м/ч;

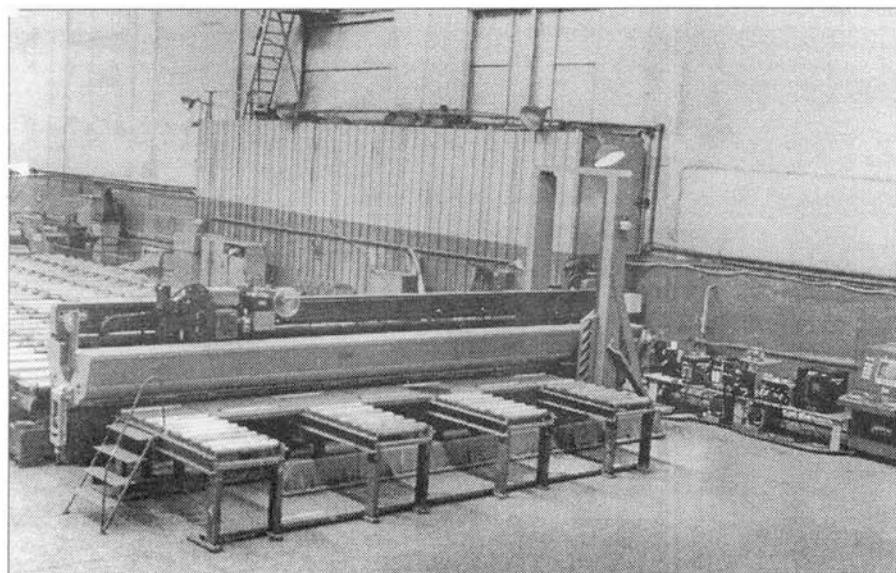


Рис. 1. Комплекс оборудования для плазменной односторонней сварки листов

■ длина шва 5–35 м.

Плазменную сварку осуществляют проволокой марки ER316LSi по AWS A5.9 диаметром 1,12 мм (0,045 дюйма) и вольфрамовым электродом диаметром 5 мм, длиной 90 мм в среде аргона.

Для автоматической сварки кольцевых швов под слоем флюса используют специализированные стены, колонны (рис. 2, 3) со сварочным оборудованием в блочно-модульном исполнении и плавным регулированием скорости фирм «Радис» (Москва) и «Бреда» (Италия).

Сборку и сварку торцевых рам, а также общую сборку контейнер-цистерн осуществляют на специализированных стенах, позволяющих полностью механизировать процесс сборки и сварки с обеспечением

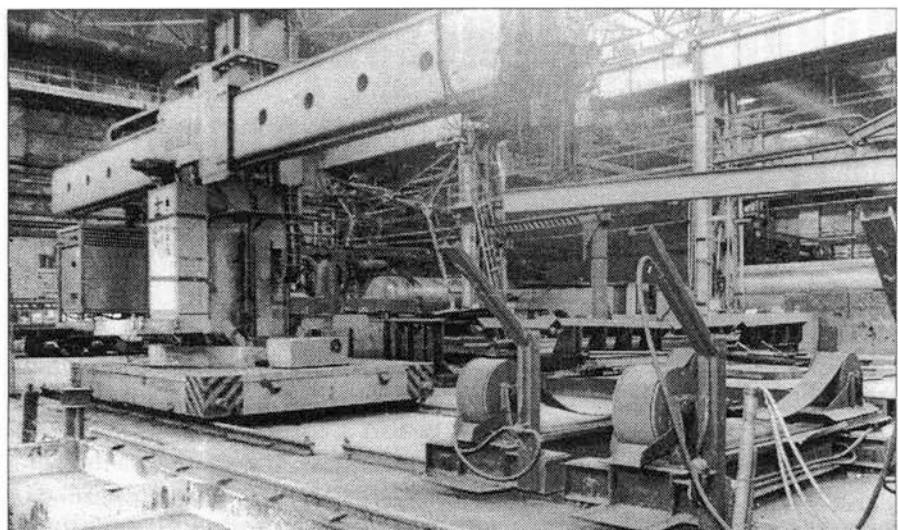


Рис. 3. Колонна со сварочным оборудованием фирмы «Бреда» (Италия)

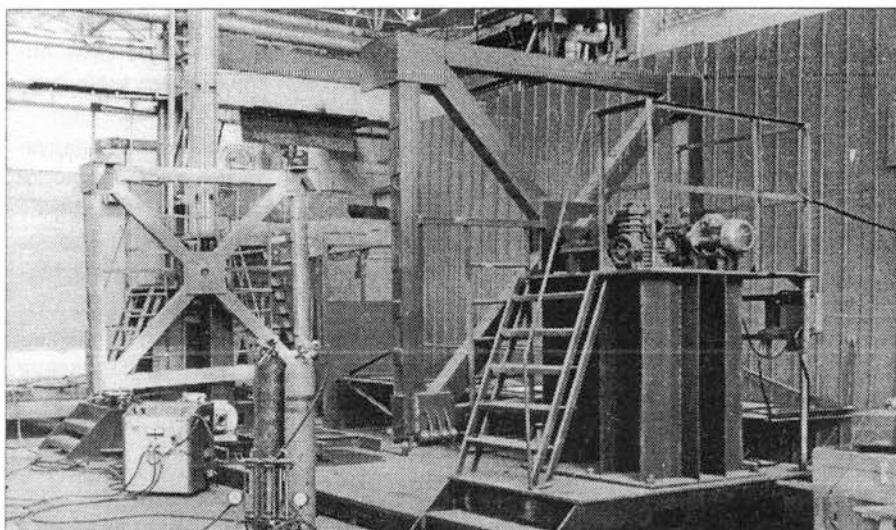


Рис. 4. Стенд для общей сборки контейнер-цистерн

высокого качества, надежности и долговечности выпускаемых изделий (рис. 4).

Для изготовления эллиптических и сферических днищ кроме прессового оборудования имеется комплекс оборудования для раскатки днищ (рис. 5).

Плазменную вырезку отверстий выполняют на установке фирмы «Пак мастер» (США).

Гибку различных видов профилей осуществляют сортогибочной машиной фирмы «Мантоммери» (США).

Кроме того, изготовлено и внедрено специальное оборудование высококачественной сварки, в том числе для подготовки листов перед сваркой, заточки кромок, наклейки защитных пленок на поверхность листа; универсальные переналаживаемые стены-вращатели; камеры просвечивания сварных

швов днищ и цистерн рентгенографическим методом; установки гидро- и пневмоиспытаний контейнер-цистерн и др.

В ОАО «Азов» разработана и действует система управления качеством в соответствии с ISO 9001. Фирма «Азоввагон» сертифицирована аттестационными комиссиями ближнего и дальнего зарубежья на изготовление специальных контейнеров, предназначенных для перевозки опасных грузов железнодорожным транспортом, а также имеет сертификаты Российского Морского Регистра судоходства и Венгерского института испытаний и сертификации. Технический надзор за выполнением требований международных конвенций, соглашений и договоров осуществляют Российский Морской Регистр судоходства. ■

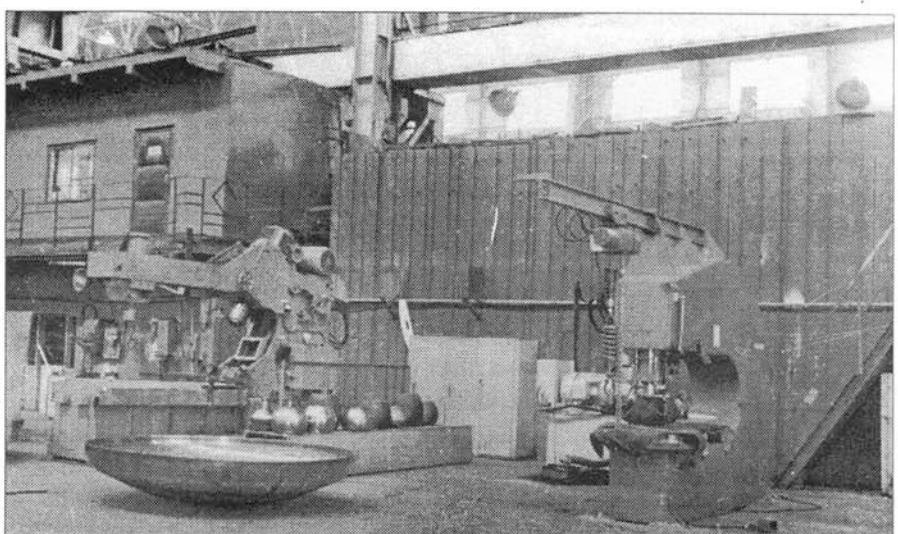


Рис. 5. Комплекс оборудования для изготовления днищ методом раскатки

Природа возникновения и методы устранения магнитного дутья при сварке

П. М. Корольков, ОАО «ВНИИмонтажспецстрой» (Москва)

При сварке трубопроводов и металлоконструкций на постоянном токе возникает магнитное дутье, препятствующее нормальному процессу сварки (горение дуги становится нестабильным, расплавленный металл разбрзгивается и т. п.), что приводит к появлению различных дефектов сварных швов (непроваров, шлаковых включений и др.). Это связано с воздействием на электроны, создающие сварочную дугу, магнитных полей от посторонних источников, вызывающих намагниченность свариваемого металла. Кроме того, сварочная дуга создает собственное магнитное поле, которое, взаимодействуя с магнитным полем от посторонних источников, образует результирующее поле, приводящее к срыву сварочной дуги. Наиболее отрицательное влияние на стабильность горения сварочной дуги оказывает поперечное магнитное поле (рис. 1).

Магнитное дутье при сварке на переменном токе значительно меньше, чем при сварке на постоянном. В результате действия переменного тока возникают переменные вихревые токи в свариваемом изделии, магнитное поле которых противоположно магнитному полю дуги, что значительно ослабляет магнитное дутье.

Значительные магнитные проявления присущи только ферромагнитным металлам: железу, кобальту, никелю и большинству ста-

лей, особенно высокопрочных. Технические стали, главным образом, магнито-мягкие, т. е. они легко намагничиваются, но не сохраняют остаточную намагниченность после устранения действия магнитных полей. Особо следует сказать о намагниченности аустенитных коррозионностойких (нержавеющих) сталей, считающихся немагнитными. При сварке этих сталей в обмазку электродов добавляют ферритную фазу, вследствие чего зона сваренного шва становится способной намагничиваться, что следует учитывать при ремонте таких сварных соединений.

Магнитное поле оказывает различное влияние на свариваемые конструкции в зависимости от формы и глубины места подготовки под сварку (рис. 2), а также применяемых методов сварки и резки. Высокие показатели намагниченности характерны для ручной дуговой сварки покрытыми электродами, аргонодуговой сварки и воздушно-дуговой строжки.

Особенно тщательно следует подходить к подготовке и выполнению сварки при ремонте подводных трубопроводов, поскольку в этих условиях проводить технологические операции, направленные на снижение намагниченности свариваемой конструкции, практически невозможно. Большое влияние на обеспечение стабильности горения дуги

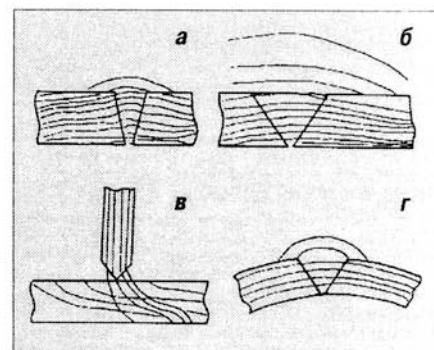


Рис. 2. Распределение силовых линий индукции при различной разделке свариваемых кромок:
а — узкий зазор (магнитная индукция примерно равна напряженности в основном металле); б — широкий зазор (индукция слабее, чем в узком зазоре, но концентрируется в районе корня разделки); в — распределение линейной индукции в тавровом соединении; г — распределение силовых линий индукции в разделке продольного шва трубы

оказывает взаимодействие магнитных полей, вызванных направлением постоянного тока в дуге и свариваемом изделии. При направлении движения дуги к месту подсоединения обратного провода направление магнитных полей противоположно, что уменьшает магнитное дутье дуги (рис. 3, а). При сварке от места присоединения обратного провода направление магнитных полей совпадает, что приводит к сильному магнитному дутью (рис. 3, б). Для получения симметричности магнитного потока и стабильности горения дуги рекомендуется вариант подсоединения обратного провода с двух концов свариваемого изделия (рис. 3, в).

Как следует из вышеизложенного, одной из основных причин возникновения магнитного дутья является намагниченность, которая подразделяется на остаточную и наведенную.

Остаточная намагниченность возникает при проведении следующих операций (до начала сборочно-сварочных работ):

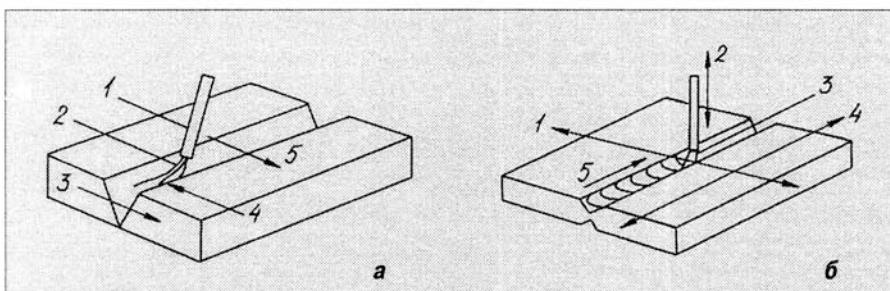


Рис. 1. Схема действия магнитного поля на сварочную дугу:
а — силы, действующие на сварочную дугу со стороны магнитного поля (1 — покрытый электрод; 2 — сварочная дуга; 3, 5 — направления магнитного поля; 4 — направление силы, действующей на сварочную дугу); б — классификация магнитных полей по отношению к сварочной дуге (1 — поперечное поле; 2 — продольное поле; 3 — сварочная дуга; 4 — параллельное поле; 5 — направление сварки)

- плавке стали в магнитном поле на металлургическом заводе;
- погрузочно-разгрузочных и транспортных работах с применением электромагнитных кранов;
- магнитно-порошковой дефектоскопии при ремонте сварных соединений;
- хранении труб в сильных магнитных полях (например, вблизи электрических кабелей с постоянным током большой величины);
- длительном хранении труб (из-за влияния магнитного поля Земли);
- направлении строящегося трубопровода с севера на юг (при этом с каждой новой привариваемой секцией намагниченность увеличивается).

Наведенная намагниченность возникает в процессе сборочно-сварочных работ вследствие:

- использования при стыковке труб магнитных приспособлений;
- проведения подогрева при сварке, непосредственно сварки и термообработки сварных соединений на постоянном токе (при этом действие магнитных полей имеет определенное направление);
- наличия вблизи места сварки различных конструкций большой массы;
- проведения сварки незаземленных труб;
- замыкания электрододержателя или оголенного сварочного провода на трубу;

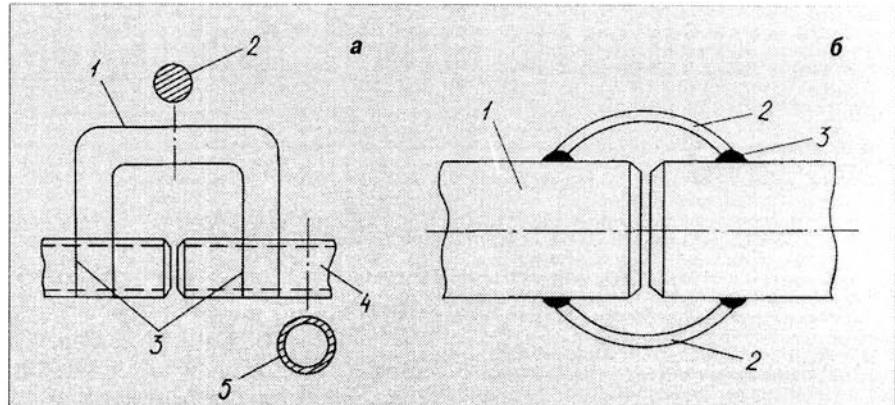


Рис. 4. Методы борьбы с магнитным дутьем с помощью шунтирования магнитного потока: а – установка магнитного шунта с высокомагнитной проницаемостью (1 – магнитный шунт; 2 – поперечное сечение магнитного шунта А1; 3 – места плотного магнитного сцепления; 4 – свариваемые трубы; 5 – поперечное сечение трубы А2, А1>А2); б – установка приваренных скоб (1 – свариваемые трубы; 2 – приварные скобы из прутка диаметром 15–20 мм; 3 – место временной приварки скоб)

- значительного расстояния между местом сварки и точкой крепления обратного сварочного провода;
 - стыковки труб с небольшой величиной намагниченности (при стыковке суммарная намагниченность может увеличиться в 8–10 раз).
- При выполнении работ необходимо учитывать, что магнитное дутье увеличивается при сварке:
- в вертикальном и потолочном положениях (по сравнению со сваркой в нижнем положении);
 - на большой силе тока, высокой дуге и большом диаметре электрода;
 - электродами с основным покрытием (по сравнению с электродами с рутиловым покрытием);
 - ручной дуговой покрытыми электродами и аргонодуговой;
 - в условиях повышенного атмосферного давления;
 - металла большой толщины с узкой разделкой кромок;
 - легированных сталей, обладающих свойством сохранять намагниченность.

Следует отметить, что срыв дуги при сварке может происходить не только из-за влияния магнитных полей, но и вследствие сварки загрязненных кромок, большой скорости сварки, обработки свариваемого металла редкоземельными элементами.

Для предупреждения и устранения магнитного дутья необходимо выполнять следующие мероприятия:

- в тех случаях, когда это возможно, выполнять сварку переменным током;
- место крепления обратного провода должно быть как можно ближе к месту проведения сварки, для чего рекомендуется иметь обратный провод со скользящим контактом;
- иметь два обратных провода и подсоединять их с двух сторон от места проведения сварки (рис. 3);
- заземлять трубы, помещенные в траншеях;
- вести сварку в сторону крепления обратного провода;
- ограждать место проведения сварки металлическими экранами для защиты от влияния магнитных полей;
- размещать сварочные провода параллельно свариваемым кромкам;
- выполнять сварку обратно-ступенчатым способом;
- не замыкать электрододержатель и оголенный сварочный провод на свариваемое изделие;
- изменять наклон электрода в сторону, противоположную отклонению дуги;
- изменять полярность постоянного тока (например, с прямой на обратную);
- стыковать трубы, соединяемые концы которых имеют одинаковое направление магнитного поля (при этом суммарное магнитное поле может иметь небольшую величину, что позволит проводить сварку беспрепятственно).

(Окончание на стр. 10)

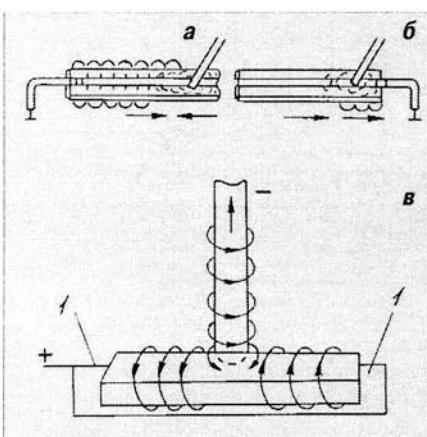


Рис. 3. Зависимость магнитного дутья от места присоединения обратного сварочного провода:
а – направление сварки к месту подсоединения обратного провода;
б – направление сварки от места подсоединения обратного провода;
в – использование двух подсоединений обратного провода (1 – места подсоединения обратного провода)

Высокая производительность и качество сварки углеродистых и легированных конструкционных сталей плавящимся электродом в защитных газовых смесях на основе аргона

дугой и таким образом является универсальной для GMAW высоколегированных сталей.

Смеси Ar+CO₂+O₂ позволяют производить сварку низкоуглеродистых сталей с более высоким качеством и экономичностью, чем чистый CO₂. Смеси Ar+He+CO₂ имеют преимущества над простыми смесями Ar+CO₂ при сварке легированных сталей.

Рис. 5 иллюстрирует снижение себестоимости сварочных работ при использовании смесей на основе гелия по сравнению с двойными смесями на основе Ar+CO₂. В основном снижение себестоимости происходит вследствие снижения расхода дорого-

стоящей легированной проволоки, а не снижения трудовых затрат.

Использование гелийсодержащих защитных смесей позволяет уменьшить потери на разбрзгивание и уменьшить или вообще исключить затраты на зачистку сварных швов и зоны термического влияния. Некоторые специальные защитные газовые смеси содержат дополнительно водород или гелий. Водород добавляется только в небольших количествах в смеси, не содержащие кислород.

Добавки водорода дают более чистую поверхность сварочного шва и возможность уменьшить содержание поверхностных оксидов, но такие газовые смеси ограничены к применению при сварке высоколегированных сталей, так как водород способствует образованию трещин в металле шва и зоне термического влияния при сварке некоторых марок высоколегированных сталей.

При сварке дуплекс-сталей, где служебные характеристики сварных конструкций непосредственно зависят от микроструктуры сварных швов, азот иногда используют в защитных газовых смесях для получения необходимого количества аустенита в металле шва. Это необходимо для обеспечения требуемых механических и коррозионных свойств металла шва. Поэтому небольшое

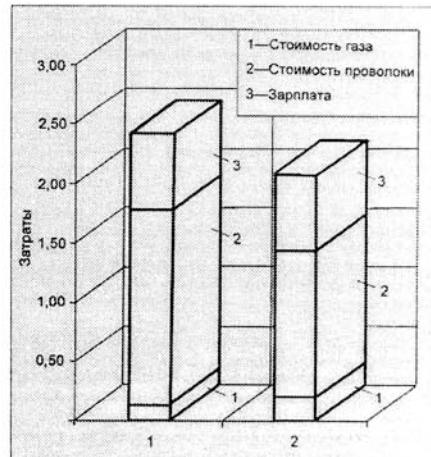


Рис. 5. Схема затрат на 1 м сварного шва при сварке с использованием газовых смесей на основе Ar+CO₂ (1) и He (2)

(не более 4%) добавление азота в защитные смеси позволяет без ухудшения свариваемости увеличить содержание аустенита в металле шва. Газовые смеси с азотом обычно применяют при дуговой сварке неплавящимся электродом.

BOC GASES проводит исследования по разработке и созданию специальных газовых смесей для GMAW дуплекс-сталей. ■

(Окончание. Начало на стр. 5)

При подготовке и сварке стыков труб необходимо учитывать, что, как правило, после прихватки кромок магнитное дутье уменьшается и прекращается после полной сварки корневого шва. Поэтому для предупреждения магнитного дутья необходимо обязательно выполнять прихватку стыков труб.

В случае появления магнитного дутья при прихватке целесообразно предусмотреть следующие технологические мероприятия, если это допустимо:

- выполнить временные прихватки на переменном токе электродами для сварки austenитных коррозионностойких (нержавеющих) сталей или ацетилено-кислородной сваркой. После уменьшения магнитного дутья выполнить новые прихватки нормативным способом, а временные прихватки удалить;
- выполнить вышеуказанными способами весь корневой шов, удалить его с отдельных участков, которые сразу же заварить нормативным способом;

■ установить в зазоре стыка труб плотно подогнанные пластины, удалить их с отдельных участков, которые сразу же заварить нормативным способом;

- шунтировать магнитный поток в районе стыка с помощью материала с высокой магнитной проницаемостью или временно привариваемых скоб (сварку корневого шва производить участками между скобами с постепенным удалением скоб) (**рис. 4**);
- подогреть место прихваток до температуры точки Кюри (768 °C), при которой исчезают магнитные свойства стали, и произвести прихватку нормативным способом;
- обеспечить при стыковке на подкладном кольце надлежащий контакт между трубами и подкладным кольцом, выполнить прихватки подкладного кольца к кромкам обеих стыкуемых труб;
- засыпать разделку кромок металлическими опилками размером 0,25–0,50 мм, и, освобождая отдельные участки, произвести прихватку, а затем и сварку корневого шва.

В отдельных случаях после выполнения надежных прихваток магнитный поток будет

шунтироваться через них, что позволит провести сварку корневого шва без выполнения дополнительных специальных мероприятий.

По приблизительным оценкам, которые следует уточнять в каждом конкретном случае в зависимости от реальных условий сварки, нормальное горение сварочной дуги происходит в зоне действия магнитных полей или намагниченности свариваемых кромок с индукцией до 2 мТ (20 Гс). В диапазоне 2–4 мТ (20–40 Гс) возможно нестабильное горение дуги, в полях с индукцией выше 4 мТ (40 Гс) или намагниченности свариваемых кромок более 3200 А/м возникает магнитное дутье. В этом случае необходимо проводить размагничивание свариваемой конструкции, для чего существуют специальные методики.

Для измерения интенсивности и направления магнитных полей в зоне сварки применяют специальные приборы, например ТМ 9606, «Маяк-3М». Наиболее современным является портативный прибор-индикатор магнитного поля ИМП-97Х, выпускаемый ООО «ВНИИСТ-СКТ» (Москва). ■

Как выбрать флюс для сварки стали.

Часть 3

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

Выбор флюса для автоматической дуговой сварки сталей может быть осуществлен либо по его металлургическим (журнал «Сварщик», № 5(9), 1999), либо по сварочно-технологическим показателям и уровню механических свойств металла швов или

сварных соединений, характерных для определенного сочетания «флюс–проводолока».

В табл. 1 приведены некоторые сварочно-технологические свойства флюсов различных типов, а в табл. 2 — основные области их применения.

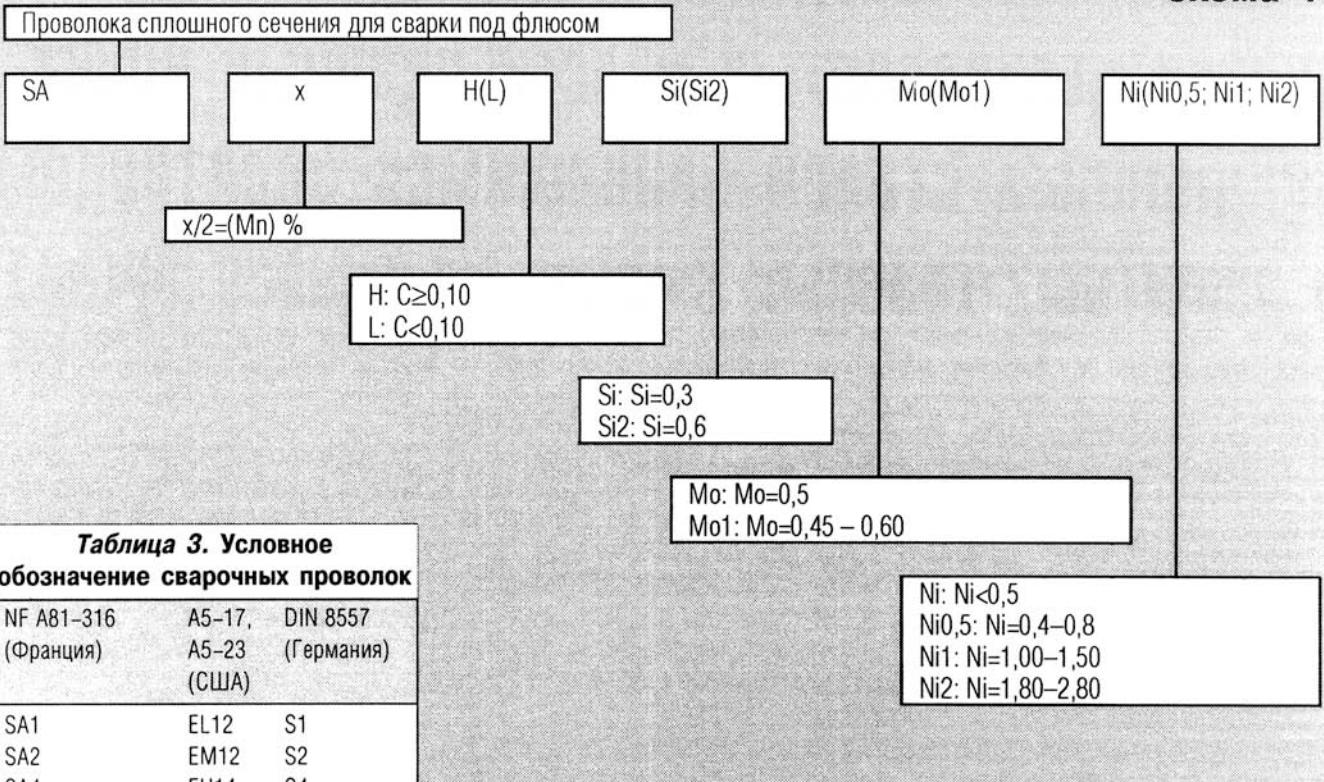
Если сварочно-технологические характеристики процесса сварки определяются в основном свойствами флюса, то механические свойства металла швов и сварных соединений зависят от сочетания «флюс–проводолока». Чтобы выбрать оптимальное

Таблица 1. Сварочно-технологические свойства плавленых и керамических флюсов

Показатель	Плавленый						Керамический			
	MS	CS	AR	AB	FB	MS	CS	AR	AB	FB
Стойкость против загрязнений на поверхности металла	X	XX	XX	X	—	XXX	XX	XXX	XX	X
Низкий расход флюса	XX	—	X	—	—	X	X	XX	XX	—
Сварка угловых швов	XXX	XX	XX	X	—	XXX	XX	XXX	XX	—
Сварка тонколистового металла	XXX	—	—	—	—	XX	—	XX	XX	—
Высокоскоростная сварка	XX	XXX	XX	—	—	XXX	—	XXX	XX	X
Сварка нержавеющих сталей	—	XX	—	—	XX	—	—	—	XX	XXX
Наплавка	XX	XX	—	—	X	—	XXX	XX	XX	XX
Сварка с обратным формированием на медной подкладке	XXX	XX	XX	X	—	—	—	XX	XX	—
Легкая отделимость шлака из разделки	X	—	XX	X	—	—	—	XXX	XX	X
Сварка на больших токах	XX	XXX	X	—	—	XXX	XX	XX	X	—
Род сварочного тока	DC, AC	DC, AC	DC, AC	DC	DC	DC, AC	DC, AC	DC, AC	DC	DC
Двухпроходная сварка высоковязких швов	—	X	X	XX	XXX	—	X	XX	XXX	XXX
Многопроходная сварка высоковязких швов	—	X	X	XX	XXX	—	X	XX	XXX	XXX

Таблица 2. Области применения плавленых и керамических флюсов

Область применения	Плавленый						Керамический			
	MS	CS	AR	AB	FB	MS	CS	AR	AB	FB
Сварка конструкций и аппаратов, не требующих высоких механических свойств	XXX	XX	XXX	—	—	XXX	XX	XXX	—	—
Сварка сосудов для хранения и транспортировки природного газа	X	XX	XXX	XXX	—	—	XX	XXX	XXX	—
Сварка судостроительных конструкций, х. газо- и нефтепроводных труб большого диаметра	—	X	—	X	XX	—	—	XX	XXX	XX
Сварка конструкций и аппаратов, работающих в условиях низких температур	—	X	—	X	XX	—	X	—	XXX	XXX
Сварка сосудов и котлов, работающих при высоких давлениях	—	—	—	XX	XX	—	—	—	XXX	XXX
Износостойкая наплавка	X	XX	—	—	XX	—	—	—	XXX	XXX
Сварка энергетического оборудования	—	XX	—	XX	XXX	—	—	XX	XXX	—
Сварка сосудов и аппаратов из нержавеющей стали	—	—	—	XX	XXX	—	—	XX	XXX	—

Схема 1**Таблица 3. Условное обозначение сварочных проволок**

NF A81-316 (Франция)	A5-17, A5-23 (США)	DIN 8557 (Германия)
SA1	EL12	S1
SA2	EM12	S2
SA4	EH14	S4
SA2Si	EM12K	S2Si
SA1,5Mo	EA1	—
SA2Mo	EA1-EA2	S2Mo
SA4Mo	ED1-EA3	S4Mo
SA3MoNi1	EF1	—
SA4HMoNi0,5	EF2	—
SA2Ni1	ENi1	S2Ni1
SA2Ni2	ENi2	S2Ni2

Примеры обозначения:

Символ	Массовая доля элементов в проволоке, %						
	C	Si	Mn	S	P	Mo	Ni
SA2	0,07–0,14	<0,10	0,80–1,25	<0,030	<0,030	<0,15	<0,15
SA2Si2	0,07–0,19	0,45–0,70	0,80–1,25	<0,030	<0,030	<0,15	<0,15
SA2Mo1	0,07–0,14	<0,10	0,95–1,35	<0,030	<0,030	0,45–0,60	<0,15
SA4HMoNi0,5	0,12–0,18	<0,10	1,70–2,40	<0,020	<0,020	0,45–0,65	0,45–0,65
SA2Ni2	0,07–0,14	<0,20	0,75–1,25	<0,015	<0,020	<0,15	1,80–2,80

Таблица 4. Характеристика сочетаний «флюс–проводка»

Флюс	Проволока	Временное сопротивл. разрыва, R _m , МПа	Предел текучести при разрыве, Rel., МПа	Относит. удлинение при разрыве, A5, %	Ударная вязкость KCV, Дж/см ² , при температуре, °C	
AHK-57 ¹	Св-10ГН	500–550	430–480	24–27	-40	Не менее 50
AHK-57 ¹	Св-08Г1НМА	550–600	480–520	24–26	-60	Не менее 40
AHK-561 ¹	Св-10Г2	450–520	380–450	24–30	-20	Не менее 50
AH-348A ²	Св-08ГА	370–450	300–380	22–25	-20	Не менее 40
OK Flux 0.71 ³	S2	475–530	380–420	24–27	-40	Не менее 45
OK Flux10.61 ³	S2Mo	580–650	470–520	19–22	-40	Не менее 45
OP121 TT ⁴	S2	450–550	370–460	28–32	-20	Не менее 80
OP121 TT ⁴	S2Mo	580–680	500–600	20–24	-60	Не менее 45
S-707TP ⁵	S4	500–570	400–490	24–30	-50	Не менее 70
S-777MX ⁵	S4	480–530	390–460	27–32	-30	Не менее 45

¹ Производство ОЗСМ ИЭС им. Е. О. Патона.² Производство Запорожского завода стеклоизделий и сварочных флюсов.³ Производство фирмы ESAB (Швеция).⁴ Производство фирмы Oerlikon (Швейцария).⁵ Производство фирмы Hyundai (Корея).

сочетание, необходимо знать, какие показатели сварочной проволоки входят в ее условное обозначение*.

В табл. 3 приведены примеры обозначения проволок для сварки углеродистых и низколегированных сталей в соответствии с требованиями национальных стандартов США, Германии и Франции.

Зная обозначение флюса и проволоки, можно выбрать такое сочетание сварочных материалов, которое обеспечивает механические свойства металла шва согласно требованиям технической документации на свариваемое изделие. В табл. 4 приведены механические свойства металла шва некоторых наиболее распространенных сочетаний «флюс–проводка». ■

* В соответствии с рекомендациями Международного института сварки (МИС) обозначение сварочных проволок строится по схеме 1.

Высокая производительность и качество сварки углеродистых и легированных конструкционных сталей плавящимся электродом в защитных газовых смесях на основе аргона

Дункан Ятис, доктор, BOC Gases (Британская кислородная компания), Лондон

Процесс дуговой сварки плавящимся электродом в среде защитных газов (в дальнейшем GMAW) получает все большее распространение в промышленности благодаря высокому качеству и производительности сварочных работ. Этот процесс с успехом заменяет менее производительные способы сварки, такие как сварка плавящимся покрытым электродом (SMAW).

Первоначально при GMAW применяли омедненную или неомедненную сплошную проволоку и чистый CO₂ в качестве защитного газа. Выбор именно CO₂ был обусловлен тем, что при SMAW использовали электроды, содержащие в покрытии карбонаты, разложение которых в сварочной дуге обеспечивало получение этого газа. Однако, несмотря на универсальность получаемой внешней газовой защиты, стало ясно, что CO₂ не является наилучшим выбором для GMAW. Поэтому стали использовать различные газовые смеси на основе аргона. Большинство этих смесей содержит небольшие количества CO₂ или кислорода, либо CO₂ и O₂ вместе.

Главное требование к любому защитному газу для сварки — защита сварочной ванны от воздействия окружающей среды. Основными элементами, влияние которых на металл шва необходимо исключить, являются кислород, азот и вода (при распаде которой образуется водород). Следует отметить, что небольшое количество кислорода желательно при GMAW, однако, высокое его содержание в воздухе оказывает вредное влияние на свариваемость и свойства металла шва.

Аргон. Защитный газ не должен оказывать вредного влияния на сварочную дугу или на формирование шва, поэтому именно аргон используют как основной компонент защитной газовой смеси, так как он:

- инертен и не вступает в реакцию с металлом шва;
- тяжелее воздуха, дает хороший защитный экран над сварочной ванной;
- имеет низкий потенциал ионизации;
- доступен по цене.

Потенциалы ионизации и плотности газов, используемые в GMAW, приведены в таблице.

Гелий можно использовать в качестве основы защитных газовых смесей, так как подобно аргону он инертен и не оказывает вредного влияния на металл сварочной ванны. Гелий имеет очень высокий потенциал ионизации (см. таблицу), что снижает стабильность горения дуги. Гелий легче воздуха, поэтому его защитные свойства хуже, чем аргона. Тем не менее, использование гелия позволяет улучшить профиль шва, придает ему окружную форму с небольшим усилением. В основном гелий применяют как добавку к аргону, особенно при сварке легированных сталей и алюминия.

Диоксид углерода используют как основной защитный газ при сварке, но наиболее эффективно его применение в защитных смесях на основе аргона. Так как CO₂ тяжелее воздуха, то его присутствие в газовой смеси создает хорошую защиту сварочной ванны. Он также связывает поверхностные оксиды, увеличивает тепловложения и приводит к формированию сварочного шва с большим усилением, что уменьшает производительность. При большом содержании CO₂ (более 20%) в газовой смеси имеет место нестабильный крупнокапельный перенос электродного металла, что вызывает значительное его разбрзгивание.

Кислород при добавлении в аргон в небольших количествах (до 4%) оказывает

положительный эффект при GMAW. Газовая смесь Ar+O₂ стабилизирует дугу, уменьшает поверхностное натяжение металла сварочной ванны, увеличивает жидкотекучесть и обеспечивает мелкочешуйчатое формирование шва и стабильный струйный перенос электродного металла с низким уровнем разбрзгивания. Слишком большое содержание кислорода в смеси вызывает поверхностное окисление шва, образование оксидных включений в металле шва и приводит к высоким потерям легирующих элементов.

Лучшие газовые смеси для GMAW представляют собой системы на основе аргона при содержании диоксида углерода 5–20% и кислорода до 4%. Более высокое содержание CO₂ в смеси применяют обычно для сварки металла большой толщины, при многопроходной сварке. Высокое тепловложение при сварке с большим содержанием CO₂ позволяет увеличить производительность процесса. При увеличении содержания CO₂ в смеси содержание кислорода снижает.

Основными преимуществами смесей Ar+CO₂+O₂ по сравнению с чистым CO₂ являются улучшение качества металла шва и увеличение производительности сварки, что обусловлено повышением стабильности

Таблица. Физические свойства защитных газов

Газ	Потенциал ионизации, eV	Плотность, кг/м ³
Гелий	24,58	0,178
Аргон	15,75	1,784
Диоксид углерода	—	1,977
Кислород	13,61	1,326
Водород	13,59	0,083
Азот	14,54	1,161

процесса. Сварочные швы, полученные при использовании смесей на основе аргона, более плоские и гладкие, а уровень разбрызгивания электродного металла меньше, чем при сварке в чистом CO_2 . При этом снижается расход сварочной проволоки, так как сварочный шов имеет меньшее усиление (рис. 1). Скорость сварки увеличивается вследствие уменьшения потерь металла на разбрызгивание.

Высокая эффективность сварки в смесях на основе аргона значительно уменьшает трудовые затраты и затраты на сварочную проволоку. Снижение этих затрат перекрывает увеличение стоимости газовой смеси (рис. 2).

На рис. 3 показаны типичные параметры сварки для обеспечения устойчивого горения дуги в чистом диоксиде углерода и смесях на основе аргона. При использовании обычных источников питания чистый CO_2 как защитный газ не обеспечивает струйного переноса электродного металла, и это приводит к росту задымленности рабочей зоны сварщика в процессе сварки (рис. 4).

Сравнение данных рис. 2 и 4 показывает, что смеси на основе аргона делают сварку углеродистых сталей не только более экономичной, но и более экологически чистой.

При сварке высоколегированных сталей содержание CO_2 в защитных газовых смесях ограничивается 3%, так как науглераживание сварочной ванны для высоколегированной стали более вредно, чем для углеродистой. Поэтому вместо CO_2 в смесях для сварки легированных сталей используют гелий. Гелий подобно CO_2 увеличивает теплосодержание дуги и округляет профиль сварочного шва. Кроме этого, он позволяет получить гладкий плоский сварочный шов. Газовые смеси для сварки высоколегированных сталей не содержат кислород, так как при сварке этих сталей недопустимо поверхностное окисление. Таким образом, наиболее предпочтительный состав защитных газов: аргон или гелий 30–80%, диоксид углерода 2%.

Смеси с высоким содержанием гелия используют в основном для сварки тонкого металла с короткими замыканиями или капельным переносом. Более низкое содержание гелия лучше для сварки толстого металла или многопроходной сварки в нижнем положении. Смесь $\text{Ar}(55\%)+\text{He}(2\%)+\text{CO}_2$ обеспечивает сварку толстого и тонкого металла с мелкокапельным или струйным переносом, а также сварку пульсирующей

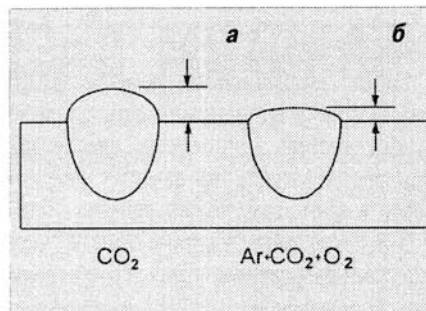


Рис. 1. Изменение величины усиления сварочного шва при сварке:
а – в CO_2 ; б – в газовой смеси $\text{Ar}+\text{CO}_2+\text{O}_2$

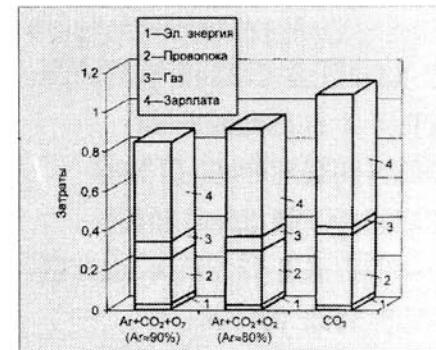


Рис. 2. Удельная себестоимость сварного шва при сварке металла толщиной 6 мм

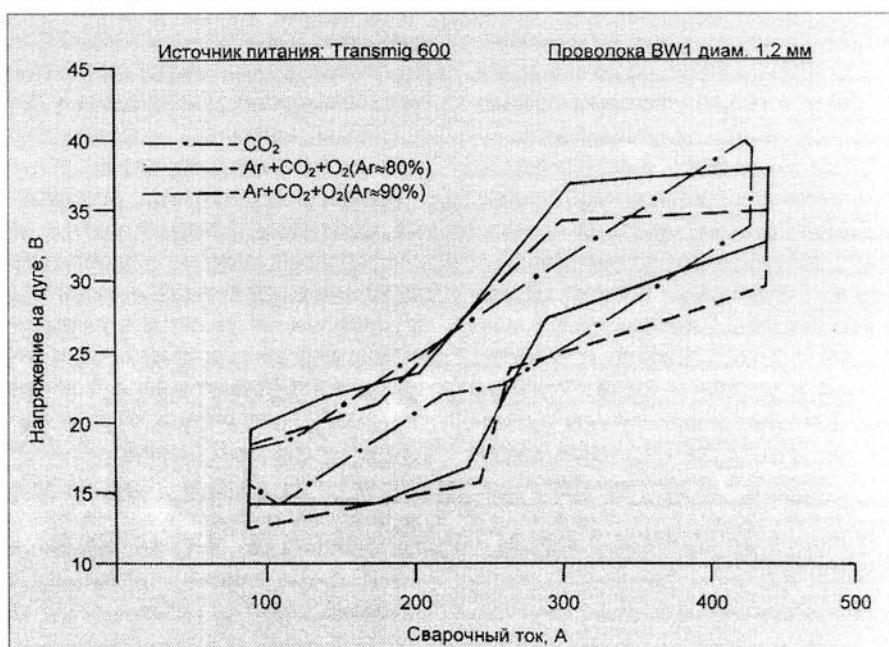


Рис. 3. Допустимые параметры при сварке

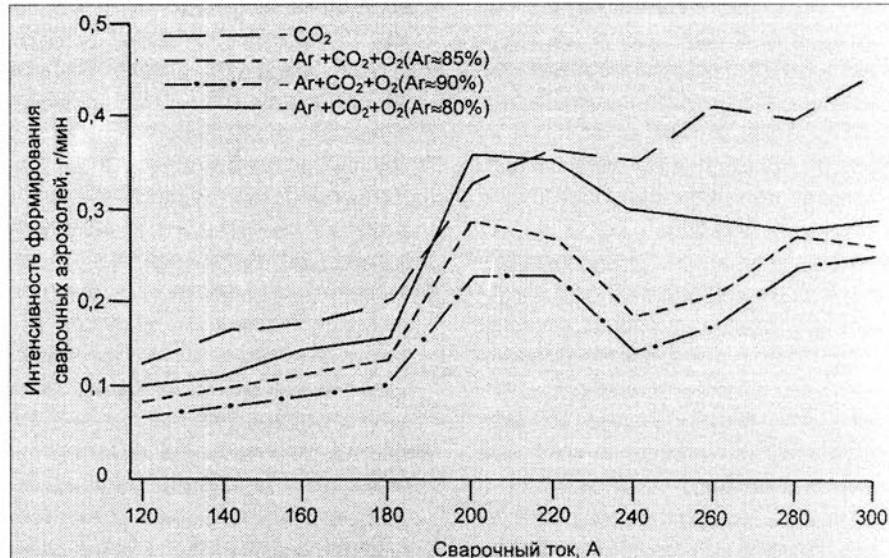


Рис. 4. Уровень дымообразования при сварке низкоуглеродистой стали проволокой сплошного сечения

Высокая производительность и качество сварки углеродистых и легированных конструкционных сталей плавящимся электродом в защитных газовых смесях на основе аргона

дугой и таким образом является универсальной для GMAW высоколегированных сталей.

Смеси Ar+CO₂+O₂ позволяют производить сварку низкоуглеродистых сталей с более высоким качеством и экономичностью, чем чистый CO₂. Смеси Ar+He+CO₂ имеют преимущества над простыми смесями Ar+CO₂ при сварке легированных сталей.

Рис. 5 иллюстрирует снижение себестоимости сварочных работ при использовании смесей на основе гелия по сравнению с двойными смесями на основе Ar+CO₂. В основном снижение себестоимости происходит вследствие снижения расхода дорого-

стоящей легированной проволоки, а не снижения трудовых затрат.

Использование гелийсодержащих защитных смесей позволяет уменьшить потери на разбрзгивание и уменьшить или вообще исключить затраты на зачистку сварных швов и зоны термического влияния. Некоторые специальные защитные газовые смеси содержат дополнительно водород или гелий. Водород добавляется только в небольших количествах в смеси, не содержащие кислород.

Добавки водорода дают более чистую поверхность сварочного шва и возможность уменьшить содержание поверхностных оксидов, но такие газовые смеси ограничены к применению при сварке высоколегированных сталей, так как водород способствует образованию трещин в металле шва и зоне термического влияния при сварке некоторых марок высоколегированных сталей.

При сварке дуплекс-сталей, где служебные характеристики сварных конструкций непосредственно зависят от микроструктуры сварных швов, азот иногда используют в защитных газовых смесях для получения необходимого количества аустенита в металле шва. Это необходимо для обеспечения требуемых механических и коррозионных свойств металла шва. Поэтому небольшое

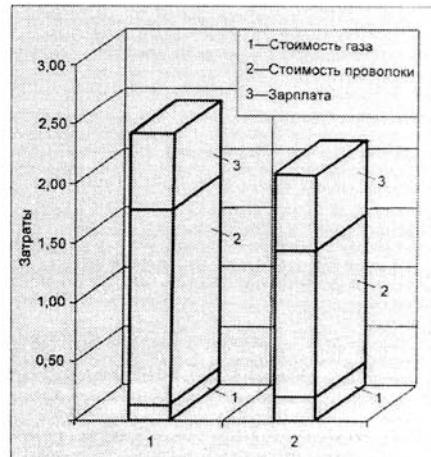


Рис. 5. Схема затрат на 1 м сварного шва при сварке с использованием газовых смесей на основе Ar+CO₂ (1) и He (2)

(не более 4%) добавление азота в защитные смеси позволяет без ухудшения свариваемости увеличить содержание аустенита в металле шва. Газовые смеси с азотом обычно применяют при дуговой сварке неплавящимся электродом.

BOC GASES проводит исследования по разработке и созданию специальных газовых смесей для GMAW дуплекс-сталей. ■

(Окончание. Начало на стр. 5)

При подготовке и сварке стыков труб необходимо учитывать, что, как правило, после прихватки кромок магнитное дутье уменьшается и прекращается после полной сварки корневого шва. Поэтому для предупреждения магнитного дутья необходимо обязательно выполнять прихватку стыков труб.

В случае появления магнитного дутья при прихватке целесообразно предусмотреть следующие технологические мероприятия, если это допустимо:

- выполнить временные прихватки на переменном токе электродами для сварки austenитных коррозионностойких (нержавеющих) сталей или ацетилено-кислородной сваркой. После уменьшения магнитного дутья выполнить новые прихватки нормативным способом, а временные прихватки удалить;
- выполнить вышеуказанными способами весь корневой шов, удалить его с отдельных участков, которые сразу же заварить нормативным способом;

- установить в зазоре стыка труб плотно подогнанные пластины, удалить их с отдельных участков, которые сразу же заварить нормативным способом;
- шунтировать магнитный поток в районе стыка с помощью материала с высокой магнитной проницаемостью или временно привариваемых скоб (сварку корневого шва производить участками между скобами с постепенным удалением скоб) (**рис. 4**);
- подогреть место прихваток до температуры точки Кюри (768 °C), при которой исчезают магнитные свойства стали, и произвести прихватку нормативным способом;
- обеспечить при стыковке на подкладном кольце надлежащий контакт между трубами и подкладным кольцом, выполнить прихватки подкладного кольца к кромкам обеих стыкуемых труб;
- засыпать разделку кромок металлическими опилками размером 0,25–0,50 мм, и, освобождая отдельные участки, произвести прихватку, а затем и сварку корневого шва.

В отдельных случаях после выполнения надежных прихваток магнитный поток будет

шунтироваться через них, что позволит провести сварку корневого шва без выполнения дополнительных специальных мероприятий.

По приблизительным оценкам, которые следует уточнять в каждом конкретном случае в зависимости от реальных условий сварки, нормальное горение сварочной дуги происходит в зоне действия магнитных полей или намагниченности свариваемых кромок с индукцией до 2 мТ (20 Гс). В диапазоне 2–4 мТ (20–40 Гс) возможно нестабильное горение дуги, в полях с индукцией выше 4 мТ (40 Гс) или намагниченности свариваемых кромок более 3200 А/м возникает магнитное дутье. В этом случае необходимо проводить размагничивание свариваемой конструкции, для чего существуют специальные методики.

Для измерения интенсивности и направления магнитных полей в зоне сварки применяют специальные приборы, например ТМ 9606, «Маяк-ЗМ». Наиболее современным является портативный прибор-индикатор магнитного поля ИМП-97Х, выпускаемый ООО «ВНИИСТ-СКТ» (Москва). ■

Кислородная резка металла в металлургии

М. М. Лилько, главный конструктор, В. Д. Кодра, инж., АО «Эффект» (Одесса)

В металлургическом производстве всего мира широко распространено получение заготовок методом непрерывной разливки стали. В Украине машины непрерывной разливки стали (МНЛЗ) работают на таких гигантах отечественной металлургии, как Донецкий и Днепропетровский металлургические заводы, металлургические комбинаты «Азовсталь» и «Ильича» (Мариуполь). Одним из основных технологических процессов, входящих в технологическую линию непрерывной разливки стали, является разделение методом газокислородной резки непрерывнойлитой заготовки на заданные мерные длины для дальнейшего их металлургического передела. Разработка и изготовление оборудования для этого процесса было сосредоточено в Одессе на НПО «Кислородмаш». В настоящее время его преемником в данной области техники является АО «Эффект» (Одесса).

Кислородная резка непрерывной литой заготовки на мерные длины осуществляется резаками, установленными на машине газовой резки (МГР), перемещающейся синхронно с заготовкой (машина захватывает заготовку и перемещается со скоростью, равной скорости разливки стали) и перезающими последнюю. Указанный процесс имеет ряд особенностей:

- толщина разрезаемого металла колеблется от 100 до 400 мм;
- металл нагрет до температуры 650–950 °С;
- скорость перерезания заготовки должна быть примерно в 1,5 раза больше скорости разливки;
- врезание в заготовку должно выполняться «сходу» либо с минимальной (по времени) остановкой на прогрев кромки заготовки;
- рез должен быть минимальной ширины без наплыков шлака как на нижней, так и на верхней кромках заготовки;
- процесс должен быть устойчивым, надежным, безотказным и максимально автоматизированным.

Перечисленные особенности процесса предъявляют ряд жестких требований к конструкции резака и системе газовой автоматики:

1. Резак должен иметь систему водяного охлаждения мундштука и корпуса (обеспечивается конструкцией).

2. Резак должен обеспечивать надежный и устойчивый процесс резки при расстоянии торца мундштука до металла не менее 50 мм, что достигается благодаря высокой мощности подогревающего пламени (современные конструкции резаков АО «Эффект» обеспечивают устойчивый процесс резки при расстоянии торца мундштука до металла в диапазоне 100–120 мм).

3. Подогревающее пламя (при выключенном режущем кислороде) должно иметь длину факела больше толщины разрезаемого металла (обеспечивается конструкцией мундштука).

4. Струя режущего кислорода должна сохранять цилиндрическую форму в пределах всей толщины разрезаемого металла и обладать кинетической энергией, достаточной для удаления из зоны реза шлаков и продуктов горения металла (обеспечивается давлением кислорода и конструкцией мундштука).

5. Резак должен совершать прямолинейное либо маятниковое движение, отклоняясь на 2–3° в сторону движения при врезании в заготовку и на 2–3° в сторону, обратную направлению реза, при выходе за пределы разрезаемого листа. Маятниковое движение при резке является наиболее благоприятным и в полном объеме может быть реализовано при резке сортовых заготовок шириной до 400 мм.

Система газовой автоматики должна обеспечивать:

- поддержание постоянного (заданного) давления (расхода) режущего кислорода, подогревающего и горючего газов;
- жесткое пламя при врезании в заготовку и мягкое (нормальное) в процессе резки;
- продувку магистралей горючего газа в начале и по окончании процесса резки;
- контроль расхода воды и отключение системы при прекращении ее подачи;
- отключение системы при падении давления в газовых магистролях ниже допустимого минимального значения;

■ возможность перехода на ручное управление при возникновении аварийных ситуаций либо отказа оборудования (электромагнитных клапанов).

Резак. Основными элементами резака являются мундштук и головка резака. Остальные части выполняют второстепенные функции и на работу никакого влияния не оказывают. Мундштук резака является сложной моноблочной деталью, изготовленной из меди, и за период выпуска отечественного оборудования претерпел три принципиальных изменения: мундштук с плоским уплотнением и внутрисипловым смешиванием горючего газа и подогревающего кислорода (*рис. 1*); мундштук с коническим уплотнением и внутрисипловым смешиванием горючего газа и подогревающего кислорода (*рис. 2*); мундштук с плоским уплотнением, резьбовым креплением и комбинированным смещением газов внутрисипловым и внешним (*рис. 3*).

Мундштук 1 с плоским уплотнением (*рис. 1*) прилегает к головке резака 3 по плоскости, где уплотняются три полости: каналы режущего кислорода, подогревающего и горючего газов. Накидная гайка 2 образует с указанными деталями карман, куда поступает охлаждающая вода. При такой системе охлаждения необходима притирка сопрягаемых поверхностей при сильной затяжке гайки 2. Поэтому замену мундштука можно выполнять только в мастерской, для чего необходимо снять резак с машины. Наличие забоин, рисок на сопрягаемых поверхностях головки резака и мундштука, а также перекосов при затяжке гайки приводят к некачественному уплотнению, в результате вода может попасть в каналы подогревающего пламени (реже в режущий кислород), что приводит к нарушению, а зачастую и срыву процесса резки. Течь воды в месте сопряжения гайки с мундштуком и головкой резака обычное явление. Поэтому было решено перейти на общепринятую во всем мире систему уплотнения мундштука: гнездо-конус (*рис. 2*), где вода подводится по трубке к торцу головки резака 3, а отводится через

Кислородная резка металла в металлургии

внутреннюю полость герметичного кожуха. В головке резака 3 выполнены карманы, сопрягаемые с соответствующими камерами на мундштуке 1. Затяжка производится гайкой 2, усилие затяжки незначительное, смена мундштука возможна без демонтажа резака.

Первоначально все было в порядке, особых проблем при эксплуатации не возникало. Все началось с изготовления запасных частей. При запуске в производство резаков никто не подумал об эталонах, и при изготовлении запасных частей, которые полностью соответствовали чертежам, конус на мундштуке не совпадал с конусом гнезда резаков, находящихся в эксплуатации.

Поэтому из-под гайки в процессе резки все время вытекал газ, и горело пламя, подогревая и без того находящийся в тяжелых условиях резак.

Такое явление имеет место и на импортных портальных газорежущих машинах для раскрова листа. Есть два решения этой проблемы:

- периодически протачивать гнездо в головке резака и с той же настройки станка протачивать конус мундштуков;
- изготавливать совпадающие притирки и производить ими периодически притирку гнезда и конуса мундштука, что возможно лишь при высокой культуре производства.

Отмеченный недостаток конструкции вполне устраивает мировых производителей резаков и запасных частей к ним: он создает рынок для массового сбыта запасных частей, так как зачастую невозможно изготовить резаки и запасные части к ним своими силами на универсальном оборудовании.

Следующим этапом стало создание мундштуков комбинированного смешения газов (рис. 3). Первоначально их изготавливали в качестве запасных частей к импортным МГР. Качество мундштуков ничем не отличалось от импортных, однако они значительно дешевле. На их базе были разработаны резаки двух исполнений — с водяным охлаждением и без охлаждения.

В резаке с водяным охлаждением (рис. 4) в нижней части головки 2 размещен водоохлаждаемый карман, куда ввинчивается мундштук 1. Уплотнение мундштука торцевое, технологически сложно выполнимое, так как находится внутри гнезда головки резака, а по торцу происходит уплотнение трех полостей. Мундштук очень сложный в изготовлении, однако это компенсируется его преимуществами. Расстояние от торца мундштука до разрезаемого металла составляет 100–120 мм, скорость резки выше, рез уже, резак может работать на повышенном давлении режущего кислорода. Эксплуатировать резак легче, мундштук можно менять, не снимая резак.

Были проведены опытно-промышленные испытания резаков новой конструкции. Уст-

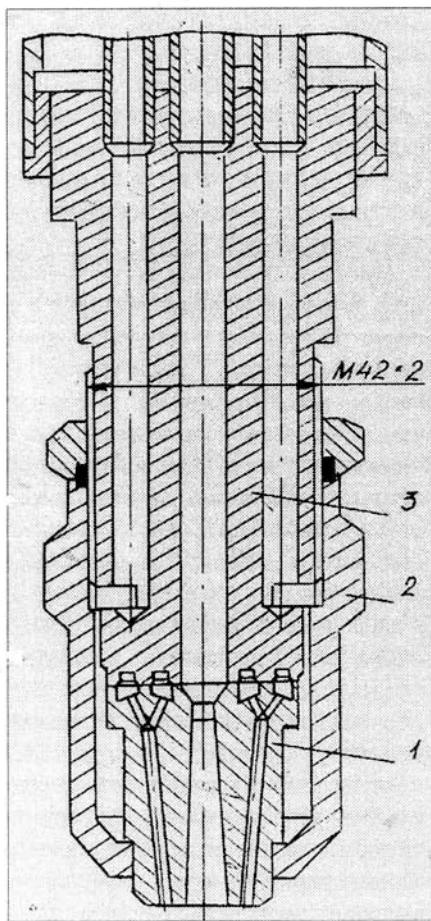


Рис. 1. Мундштук с плоским и внутрисопловым смешиванием горючего газа и подогревающего кислорода: 1 — мундштук; 2 — накидная гайка; 3 — головка резака

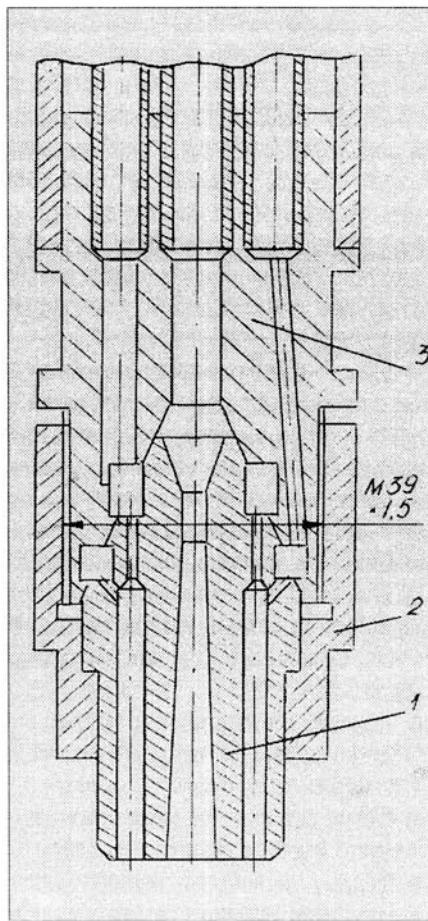


Рис. 2. Мундштук с коническим уплотнением и внутрисопловым смешиванием горючего газа и подогревающего кислорода: 1 — мундштук; 2 — накидная гайка; 3 — головка резака

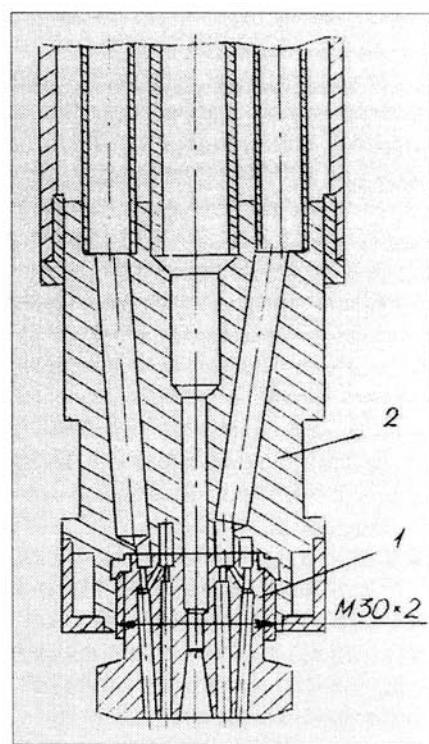


Рис. 3. Мундштук с плоским уплотнением, резьбовым креплением и комбинированным смешиванием газов (внутрисопловым и внешним): 1 — мундштук; 2 — головка резака

новленные на стане 3600 ОАО «Азовсталь» два резака для резки слябов толщиной до 300 мм и подкатов толщиной 400–500 мм эксплуатировались около двух лет. На МНЛЗ № 2 Днепровского металлургического комбината было установлено два резака с водяным охлаждением. За шесть месяцев эксплуатации мундштуки меняли два раза, и было разлито 540 плавок. Толщина разрезаемого металла составляла 335 мм.

Особенность процесса резки мундштуками комбинированного смешивания газов состоит в том, что в мундштуке реализовано два способа смешивания подогревающего кислорода и горючего газа:

- внутрисопловое смешивание, что обеспечивает получение факела с максимально возможной температурой. Таким факелом в основном нагревается верхняя поверхность металла. При этом 40% кислорода, необходимого для полного сжигания газа, вводится в резак (кислород подогревающий), а остальной кислород поступает из атмосферы;
- внешнее смешивание, что дает длинный факел с относительно низкой температур-

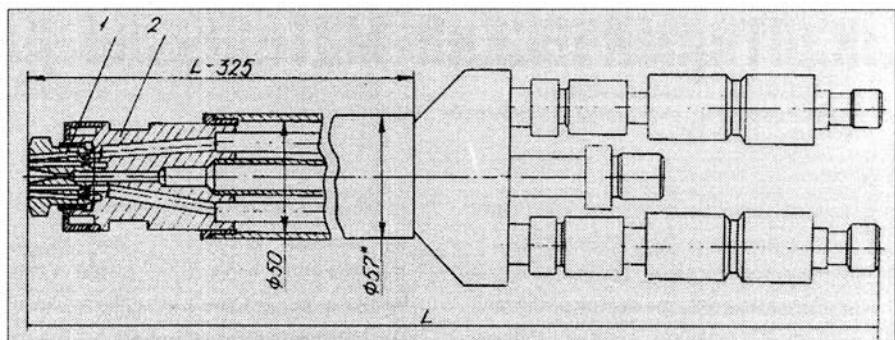


Рис. 4. Резак с водяным охлаждением: 1 – мундштук; 2 – головка резака

рой; процесс горения растянут по всей толщине разрезаемого металла. При этом весь кислород, необходимый для полного сжигания газа, поступает из атмосферы. Такое совмещение двух способов сжигания газа позволяет обеспечить как интенсивный нагрев поверхности металла, так и растянуть процесс горения по всей толщине металла, перенеся его непосредственно в зону реза.

АО «Эффект» проектирует, изготавливает и сдает «под ключ» полнокомплектные систе-

мы газовой автоматики и оборудование для кислородной и кислородно-флюсовой резки металлов. Изготавливаемое автогенное оборудование позволяет осуществлять резку и зачистку листового проката, слябов, круглых трубных заготовок, толстостенных труб, литья, поковок, металломолом из рядовых и нержавеющих марок сталей. ■

За дополнительной информацией обращаться по тел.: (048) 732–7940.

(Печатается на правах рекламы).

ВЫШЛА ИЗ ПЕЧАТИ

Механизированная электродуговая наплавка деталей металлургического оборудования

В брошюре обобщен опыт применения наплавки при изготовлении и восстановлении деталей машин и оборудования металлургической промышленности. Представлены сведения о различных видах наплавочных материалов, наплавочном оборудовании и технологиях наплавки деталей агломерационного, доменного, сталеплавильного и

прокатного оборудования. Рассмотрены проблемы образования дефектов в наплавленном металле и меры борьбы с ними. Даны рекомендации по контролю качества наплавленного металла и механической обработке наплавленных изделий.

Предназначена для инженерно-технических работников металлургических предприятий. Может быть полезна научным и инженерно-техническим работникам других отраслей промышленности, научно-исследовательских организаций и вузов.

По вопросу приобретения пособия обращайтесь в редакцию журнала «Сварщик» по тел.: (044) 227–6502.

И. А. Рябцев, И. А. Кондратьев

**Механизированная
электродуговая
наплавка деталей
металлургического
оборудования**



Киев
«Энерготехиздат»
1999

СПРАВОЧНОЕ ПОСОБИЕ



Уважаемый коллега!
Я Вас прекрасно слышу. Но я ничего
не знаю о Вашем предприятии и Ваших возможностях.
Я ничего не знаю о Вашей продукции и ее свойствах.
Я человек современный,
и использую в своей повседневной деятельности
современные источники технической информации.

Экзотермические материалы для пайки–сварки

В. Г. Лебедев, д–р техн. наук, профессор, Одесский ГПУ

В

качестве источников энергии для сварки плавлением могут быть использованы:

- электрические источники, осуществляющие преобразование электроэнергии в теплоту;
- химические источники энергии, которые необходимую теплоту обеспечивают за счет различных экзотермических реакций.

В свою очередь источники можно подразделить на газовые и твердотельные (экзотермические или термитные смеси).

Экзотермические смеси — название более общее, так как эти смеси охватывают все экзотермические реакции, которые можно использовать для сварки плавлением, а не только термитные.

Технологические экзотермические смеси (ТЭС) — это порошкообразные смеси различных компонентов, в основном, окислителей и восстановителей, которые при определенной температуре (температура инициации) вступают друг с другом в экзотермические реакции. В результате выделяется большое количество теплоты, металлов и шлаков, что может быть использовано для различных производственных целей, а именно:

- пайки, сварки, напыления, наплавки;
- термообработки (ТО) — отжиг, закалка, отпуск;
- химико-термической обработки (ХТО) — диффузионное насыщение поверхностей, нанесение защитных покрытий, плакирование;
- термомеханической обработки (ТМО) — для упрочнения деталей машин.

По виду изготовления или по своему рецептурному составу ТЭС могут быть безгазовыми или с газовой фазой.

По виду использования для конкретных технологических целей существуют следующие смеси:

- насыпные ($\gamma=0,8 \text{ г}/\text{см}^3$) (в основном для тигельной сварки);
- уплотненные ($\gamma=0,2...2 \text{ г}/\text{см}^3$) в сгораемых и несгораемых оболочках (в основном для пайки, пайки–сварки, сварки, наплавки, напыления и разрезания металлов);
- пастообразные ($\gamma=2...2,5 \text{ г}/\text{см}^3$) твердеющие и нетвердеющие (для тех же целей, что и уплотненные смеси);
- прессованные ($\gamma=2,5...4 \text{ г}/\text{см}^3$) в виде таблеток, шашек, наборов шашек и таблеток в

оболочках и без оболочек (для пайки–сварки, наплавки, напыления, резания металлов, для выполнения ТО, ХТО, ТМО, а также для использования в качестве топлива).

В настоящей статье речь идет о ТЭС для пайки–сварки, наплавки, используемых в изделиях в виде цилиндрических стержней из твердеющих и нетвердеющих паст.

Попытки создать работоспособный сварочный стержень относятся к 1938 г. Стержни создавались на базе стандартных термитных смесей из железо-алюминиевого термита. Был создан термитный стержень, имеющий внутри проволочный стержень. При поджигании термитного стержня происходила термитная реакция, и расплавлялся внутренний проволочный стержень. Однако попытки получить удовлетворительный сварной шов успеха не имели. Последний был прерывистый, ломкий и малопрочный. В лучшем случае получали точечный прихват свариваемых деталей. Последующие попытки создать такие стержни также не дали положительных результатов. Это можно объяснить тем, что недостаточное внимание уделяли вопросу разделения системы металл–шлак, неверно выбирали тепловую мощность смеси, не учитывали тепловой КПД и время теплового насыщения свариваемого металла.

Тепловую мощность смеси можно подсчитать с достаточной степенью точности, используя классические представления, т. е. рассматривая процесс нагрева поверхности детали некоторым сосредоточенным источником теплоты. Используя эти представления, автор рассчитал необходимую мощность источника теплоты, КПД сварочного стержня и время теплового насыщения свариваемого металла, учитывая условия нагрева последнего.

При нагреве металла термитными стержнями теплоперенос осуществляется расплавленной смесью металла и шлака, а также при наличии в термите газовой фазы — газовой струей. Приближенно можно считать, что теплоперенос осуществляется в основном расплавленным металлом по следующей схеме: перегрев металла до температуры 2600–2800 °C в ядре реакции, перенос металла на холодную поверхность детали, кристаллизация части металла с выделением

теплоты кристаллизации, теплообмен между кристаллизованным металлом и свариваемым.

Учитывая, что часть металла, попадающая на холодную поверхность свариваемого изделия, кристаллизуется с высокой скоростью и что объем сварочной ванны незначительный, шлак не успевает всплыть на поверхность кристаллизующегося металла, в результате чего шов оказывается засорен шлаком.

Тепловой КПД термитного стержня тем выше, чем больше разность между так называемыми коэффициентами тепловой активности выделяющегося и свариваемого металлов (корень квадратный из произведения коэффициентов теплопроводности, удельной теплоемкости и плотности). Этому условию в наибольшей степени соответствует пара медь–железо.

Расчеты мощности сварочного стержня показывают, что для нагрева до одинаковой температуры образцов одинаковой толщины термитный стержень с железным термитом должен обладать мощностью, в 1,4 раза превышающей мощность такого же стержня с медным термитом.

Для сварки изделий из железоуглеродистых сплавов температура нагрева должна составлять 1550 °C. Это объясняет неудачи, которые сопровождали сварку термитными стержнями на базе стандартного железного термита — размеры стержней не могли обеспечить необходимую энергетику.

Как известно, при сварке значительное влияние на процесс оказывает не только мощность теплового источника, но и время, за которое устанавливается необходимая температура нагрева. Иными словами, большое значение имеет время теплового насыщения. Расчеты показали, что в системах медь–сталь нагрев металла на глубинах 3–4 мм до температуры плавления меди или даже до температуры плавления стали осуществляется за приемлемый промежуток времени (до 5 с) и может быть сокращен за счет большего перегрева термитного металла при использовании соответствующей рецептуры.

Применение термитных стержней системы железо–сталь в настоящее время наталкивается на большие трудности, так как время нагрева свариваемой стали до темпе-

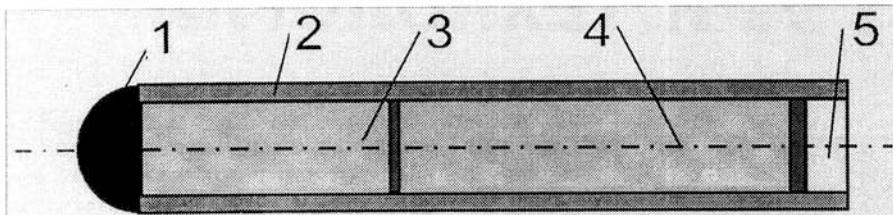


Рисунок. Паяльно-сварочный карандаш (схема)

ратуры плавления чрезвычайно велико (порядка 40–60 с), что требует использования термитных стержней большой длины, а это технологически и экономически нецелесообразно. Термитные стержни этой системы, имеющие обычную длину 150–200 мм, при наиболее распространенных скоростях горения 5–8 мм/с не могут обеспечить разогрев свариваемого металла до необходимой температуры за время своего горения, в результате чего сварка невозможна.

Таким образом, при создании работоспособного сварочного стержня необходимо учитывать следующее:

- мощность термитных стержней системы медь–сталь, изготовленных из уплотненных ТЭС, находится в пределах до 20 кВт при сварке металла толщиной до 10 мм;
- максимальный КПД термитного стержня может быть получен в том случае, если коэффициент тепловой активности термитного металла как можно больше коэффициента тепловой активности свариваемого металла;
- время теплового насыщения до температур сварки у системы медь–сталь находится в приемлемых пределах, и такие системы могут быть реализованы при сварке. Системы, где в качестве термитного металла выделяется железо, в настоящее время трудно реализуемы;
- в качестве термитного металла может быть рекомендована медь. Это позволяет сваривать толщины до 10 мм. Для получения прочных швов к термитному метал-

лу необходимо добавлять соответствующие легирующие элементы, чтобы формировать шов из высокопрочной бронзы.

Паяльно-сварочный карандаш (*рисунок*) представляет собой гильзу 1, внутри которой размещается экзотермическая смесь 2 и зажигательная головка 3. На расстоянии 0,1–0,2 длины гильзы от ее правого торца размещается пыж 4, который разделяет гильзу на часть с экзотермической смесью 2 и на полость 5, в которую может быть вставлена державка. Перед началом работы в полую часть карандаша вставляют какой-нибудь деревянный стержень, который выполняет роль державки, карандаш ориентируют в пространстве относительно соединяемых деталей, поджигают зажигательную головку. После этого карандаш подносят к месту соединения деталей и выполняют пайку–сварку.

Карандаш зажигают открытым пламенем газовой зажигалки или тремя–четырьмя одновременно горящими спичками.

Во время горения развивается температура 2600–3000 °C и происходит выделение необходимого присадочного материала и флюса. С помощью карандаша можно соединять изделия толщиной 0,3–6 мм (*табл. 1*). Длина шва составляет 50–70% длины карандаша. Время горения карандаша — (25±5) с.

Экзотермическими карандашами может быть выполнена и резка металлов без использования внешних источников энергии.

Режущие карандаши состоят из цилиндрической сгораемой оболочки, содержащей уплотненную технологическую экзотермическую смесь.

Таблица 1. Соответствие диаметра карандаша и толщины свариваемого металла

Толщина свариваемого металла, мм	Диаметр карандаша, мм, при пайке–сварке	
	встык	внахлест
0,3–0,6	4	—
0,7–1,0	7	—
1,0–1,5	9	—
2,0–3,0	12	9
3,0–3,5	14	12
3,5–4,0	14	14
4,0–5,0	14–16	14–16
5,0–6,0	16–18	16–18

Таблица 2. Рекомендации по применению карандашей «Термит»

Диаметр карандаша, разрезаемого материала, мм	Максимальная толщина прутка		Цвет этикетки карандаша
	карандаша, разрезаемого материала, мм	листка	
12	12	4	Розовый
14	16–18	5–6	Оранжевый
16	22–25	8	Красный

В процессе горения развивается высокая температура, применение специальных присадок облегчает разрушение поверхностного слоя разрезаемого металла.

Срок хранения режущего карандаша при температуре от +5 до 25 °C и относительной влажности 60% — 2 года.

Температура зажигания, °C 800

Температура горения, °C 3000

Время горения карандаша длиной 200 мм, с...5±4

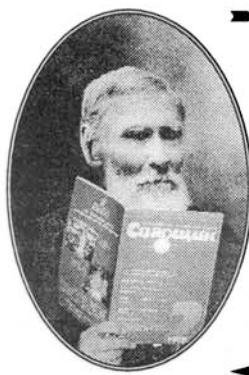
Длина реза листового металла зависит от его толщины, а также диаметра и длины карандаша и может составлять от нескольких сантиметров до 1 м.

Для ориентировки при использовании режущих карандашей марки «Термит» можно воспользоваться данными, приведенными в *табл. 2*. ■

Журнал «Сварщик» — современный источник технической информации.

Он дает мне возможность познакомиться с новыми технологиями, оборудованием, материалами. Найти партнеров и рассказать о себе. Я пользуюсь журналом «Сварщик» и его приложением «Торговый ряд» при решении производственных и коммерческих задач.

Реклама в «Сварщике» — источник моего и Вашего успеха!



НОВОСТИ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ

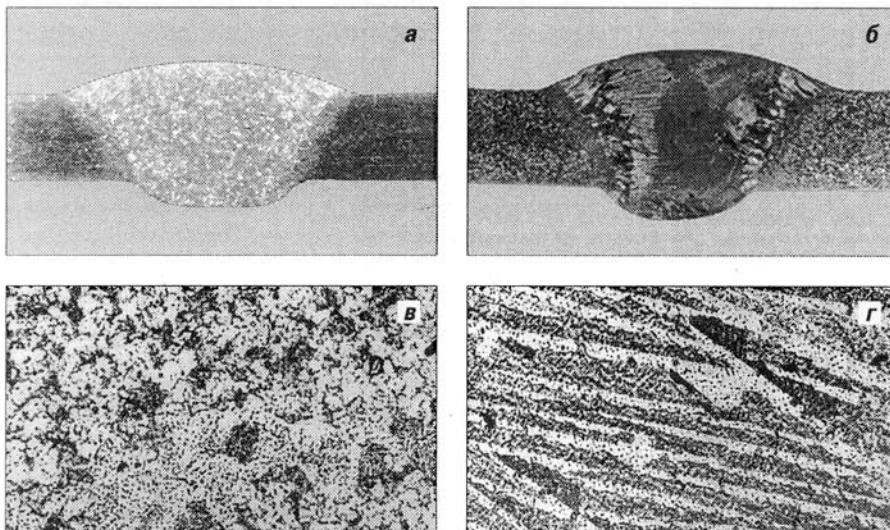


Рис. 1. Структура металла шва

НОВЫЕ ПРИСАДОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ СВАРКИ ВЫСОКОПРОЧНЫХ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

В ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины разработаны эффективные сварочные проволоки, содержащие скандий и цирконий, позволяющие получать высококачественные соединения прочных алюминиевых сплавов.

Проволоку Св-AMg6(Sc) из сплава системы Al-Mg-Sc-Zr рекомендуют при сварке многих сложнолегированных алюминиевых сплавов, не содержащих значительное количество меди. Она исключает образование горячих трещин в металле шва и повышает предел прочности сварных соединений на 15–20%.

Проволока Св-1201(Sc) из сплава системы Al-Cu-Sc-Zr при сварке алюминиевых сплавов, содержащих большое количество меди и другие компоненты, обеспечивает более высокое сопротивление металла шва

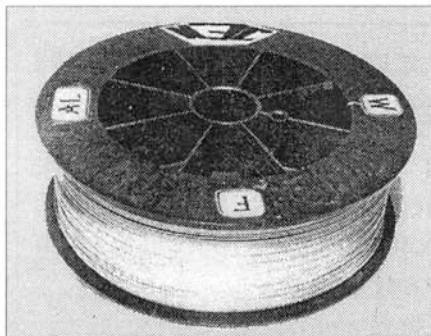


Рис. 2. Катушка с проволокой

образованию горячих трещин. Предел прочности на 10–15% выше, чем при сварке проволокой без скандия.

Улучшение технологических и механических свойств сварных соединений происходит вследствие формирования мелко-кристаллической структуры швов (рис. 1). Проволоки диаметром от 1,2 до 3,0 мм, содержащие скандий, изготавливается и может поставляться в катушках массой до 5 кг (рис. 2) специализированный отдел Института электросварки им. Е. О. Патона.

А. Я. Йщенко, д-р техн. наук,

Д. В. Лозбин, инж.,

ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины.

Тел. (044) 261-5496;

факс (044) 227-4630.

(На правах рекламы)

БЫСТРОЕ И ЭКОНОМИЧЕСКИ ВЫГОДНОЕ РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ РЕМОНТА ТРУБОПРОВОДОВ

Ремонт трубопроводов с дефектами, вызванными коррозией или механическими повреждениями, представляет собой трудоемкий процесс, связанный с применением сварки, резки, соответствующего оборудования и высококвалифицированного персонала. В большинстве случаев для проведения ремонта трубопровода необходима остановка, что приводит к значительным материальным затратам из-за простоя трубопровода.

Компания «Клок Спринг» (Clock Spring, USA) предлагает альтернативный способ ремонта газопроводов и трубопроводов диаметром 150–1430 мм для транспортировки жидких продуктов с помощью ремонтных манжет. Манжета изготовлена из специального листа высокопрочного композиционного материала толщиной 1,5 мм. В рабочем положении манжета имеет спирально-кольцевую форму, похожую на часовую пружину. Матричная память позволяет манжете плотно обхватить трубу по всей окружности. Манжету крепят с помощью быстровысыхающего, но очень прочного клея. При этом создается композитная система, прочность которой выше, чем у новой трубы класса X-80.

При установке манжет не требуется сварка, так как используется клей, создающий прочный контакт с поверхностью. В результате такие дефекты, как прожоги, хрупкость и растрескивание металла в зоне термического влияния, полностью исключаются. Практически во всех случаях ремонт можно проводить без остановки трубопроводов. Нет никакого риска загрязнения окружающей среды, поскольку нет необходимости вырезать участок трубопровода. Ремонт занимает не более 25 минут. Клей высыхает очень быстро и через 2 ч после установки манжеты ремонтную операцию можно считать законченной. Для выполнения работ не требуется дополнительных механизмов или высококвалифицированного персонала. Бригада из двух человек может быть обучена операции установки манжет в течение всего нескольких часов.

Ремонтный комплект содержит:

- манжету, поставляемую в рулоне;
- высокоэффективный клей;
- наполнитель, равномерно распределяющий нагрузки;
- два роликовых аппликатора;
- полоску с клейким слоем для фиксации начала манжеты;
- кисти для клея, поддон для смешивания, лопатку для перемешивания.

Длину манжеты выбирают в зависимости от диаметра трубы. Имеется широкий выбор типоразмеров манжет. Расчетная ширина и толщина манжет после установки должна составлять соответственно 30 см и 12,7 мм. Количество манжет выбирают в зависимости от протяженности дефектного участка трубы.

Последовательность установки манжет «Клок Спринг»:

1. Для установки необходимо всего по 152 мм свободного пространства под трубой и по бокам. После нанесения на поврежденное место наполнителя, равномерно распределяющего нагрузки, на трубу в месте начала намотки манжеты наносят самоклеющуюся полоску.

2. На поверхность трубы наносят клей. Ремонтную манжету наматывают на трубу, причем каждый последующий слой промазывают kleem. Память материала манжеты позволяет легко наматывать манжету на трубу.

3. Затягивают манжету вокруг трубы. Операторы при этом используют затяжной ремень и рычаг для полной стяжки и фиксации манжеты в необходимом положении.

4. Через 25 мин. установка завершена. Через 2 ч отремонтированный участок может быть изолирован и засыпан.

Манжеты были подвергнуты испытаниям рядом независимых исследовательских организаций под руководством Научно-исследовательского института газов (США), в результате которых была доказана надежность и прочность данной ремонтной системы.

Манжеты «Клок Спринг» сертифицированы во многих странах, в том числе Госгортехнадзором России, а также Министерством транспорта США для ремонта и усиления как газовых, так и трубопроводов для транспортировки жидких продуктов.

А. И. Белокур,
ОАО «Южтеплозенергомонтаж» (Киев)

ТЕХНОЛОГИЯ РЕМОНТА ИЗНОШЕННЫХ ПОРШНЕЙ

В условиях увеличивающегося дефицита сырьевых ресурсов все большую актуальность приобретают современные технологии ремонта и восстановления изношенных деталей машин, а также придания им первоначальных или даже более высоких свойств.

Для поршней двигателей, например, автомобиля ЗИЛ-130 и автобуса «Икарус», разработаны два варианта их восстановления: 1 — наплавка с присадочной проволокой изношенной канавки под первым компрессорным кольцом (рис. 3, а), 2 — проточка головки изношенного поршня с после-

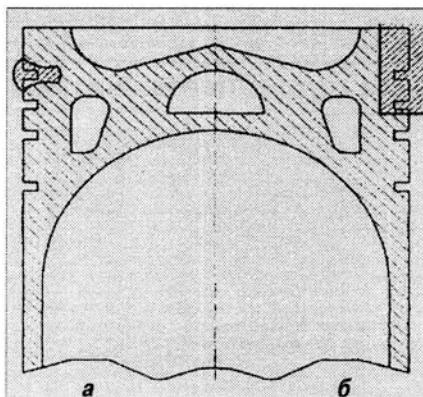


Рис. 3. Варианты восстановления изношенных поршней

дующей приваркой бандажа и его механической обработкой (рис. 3, б).

В обоих случаях восстановленный поршень имеет характеристики наплавленного слоя или приваренного бандажа выше, чем имел основной металл нового поршня. Таким образом, гарантируется его повторный ресурс эксплуатации не ниже ресурса новой детали.

Обычно стоимость ремонта и восстановления не превышает 30–50% исходной стоимости новой детали. Экономические показатели предлагаемой технологии повышаются с увеличением массы и стоимости деталей, подлежащих восстановлению.

**А. А. Бондарев, д-р техн. наук,
ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины**

ЗАЩИТНАЯ ОБОЛОЧКА ПОКРЫТИЯ СВАРОЧНЫХ ЭЛЕКТРОДОВ

Проблема сохранения качества сварочных электродов после их изготовления продолжает оставаться нерешенной. Гигроскопичность обмазки, ее повреждение и загрязнение в процессе транспортировки, хранения и потребления штучных электродов при сварке не позволяют обеспечивать требуемое качество сварного соединения.

Сварочные электроды для ручной дуговой сварки и наплавки никак не защищены от воздействия окружающей среды (особенно при неудовлетворительной упаковке), что приводит к постепенной потере их эксплуатационных характеристик. Не решается эта проблема и при достаточно тщательной упаковке, так как электроды потребляют по-

штучно, что вынуждает разгерметизировать упаковку. Содержащаяся в атмосфере влага проникает в покрытие электрода, что приводит к снижению устойчивости горения дуги и ухудшению качества сварного шва. Поверхностное загрязнение электрода способствует повышенному насыщению металла шва газами, окислами и другими вредными примесями и является причиной образования пористости сварного шва. Влага, адсорбированная покрытием, удерживается в нем и при повторной прокалке, вследствие чего происходит насыщение металла шва водородом.

Витебским государственным технологическим университетом совместно с Научно-исследовательским и конструкторско-технологическим институтом сварки и защитных покрытий (Минск) разработана защита покрытых электродов от внешних воздействий специальной защитной оболочкой.

На обмазку готового электрода и контактные поверхности стержня наносят специальный состав, формирующий защитную оболочку, которая обеспечивает практически неограниченный срок хранения электродов.

Определен безопасный и оптимальный состав оболочки, состоящий из глицерина, фталевого ангидрида, ксиола, смолы К-421-02, кальцинированной соды, сиккатива ИСК-1, мела ММС-1 и других компонентов, обеспечивающих защиту поверхности электродов и не препятствующих нормальному горению дуги.

При испытаниях электродов с защитной оболочкой марок АНО, МР, УОНИ, ОЗС и сравнении их с электродами без защитной оболочки было установлено следующее:

- сварочно-технологические свойства не изменяются;
- возбуждение и горение дуги не изменяются;
- разбрзгивание металла не ухудшается;
- прочность покрытия составляет 200%.

Длительные испытания на сохранность покрытия с защитной оболочкой от увлажнения (выдержка в воде в течение 2 и 4-х недель) показали, что влажность покрытия не изменилась.

**С. С. Клименков, А. Н. Красновский,
Витебский госуд. техн. университет,
В. К. Шелег, Л. С. Денисов, Научно-исследовательский и конструкторско-технологический ин-т сварки
и защитных покрытий (Минск)**

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) 261-0839.

При эксплуатации тележек трамвайных вагонов в наиболее нагруженных узлах возникают трещины. Зачастую они расположены в местах, недоступных для разделки их механическим способом. Расскажите, пожалуйста, об эффективном использовании для таких целей металлических покрытых электродов.

М. П. Луценко, ВТТУ (Винница)

Для ручной электродуговой строжки металлов, удаления дефектных швов и разделительной резки конструкций из низкоуглеродистых, низколегированных, высокоуглеродистых сталей и чугунов разработан электрод АНР-2М.

В табл. 1 приведены санитарно-гигиенические характеристики электродов АНР-2М для резки и наиболее распространенных электродов для сварки. При резке электродами АНР-2М содержание марганца в пыли незначительно и составляет всего 1,2% по сравнению с 9,0% для электродов марки МР-3. Это позволяет использовать электрод для резки как на открытых площадках, так и в закрытых помещениях и в узких отсеках.

Электроды АНР-2М имеют высокие технологические свойства. Это обеспечивает легкое возбуждение и стабильное горение

Таблица 1. Санитарно-гигиенические характеристики электродов

Марка электрода	Валовые выделения пыли, г, на 1 кг сожженных электродов	Интенсивность выделения пыли, г/мин	Содержание марганца в пыли, %
МР-3	11,7	0,44	9,0
АНО-4	17,8	0,69	7,2
УОНИ-13/45	18,6	0,72	4,6
АНР-2М	17,2	1,18	1,2

дуги при резке во всех пространственных положениях. Поверхность реза гладкая, практически без шлака либо покрыта на отдельных участках тонким слоем шлака (не более 0,5 мм). Удаляемый окисленный металл при резке в нижнем положении располагается по обе стороны выплавляемой канавки и легко сбивается в горячем состоянии. Техника резки электродами АНР-2М проста и легко осваивается сварщиками.

В процессе дуговой резки образуется зона термического влияния, ширина которой при резке электродами АНР-2М не превышает 1,5–2 мм, в то время как при воздушно-дуговой резке угольным электродом (ВДР) она составляет 4,5–6 мм (табл. 2).

Вырезку дефектов или резку в вертикальном положении выполняют сверху вниз электродом, установленным перпендикулярно к разрезаемой поверхности, причем конец электрода совершает возвратно-поступательные движения вверх–вниз для лучшего удаления расплавленного металла.

При удалении дефектов в нижнем положении, например при строжке корня шва или вырезке канавки, электрод после возбуждения дуги наклоняют так, чтобы строжку производить практически лежачим электродом (под углом не более 5–10° к обрабатываемой поверхности). Это обеспечивает «сдувание»

расплавленного металла. При использовании электродов диаметром 4 и 5 мм ток не должен превышать 270–300 А. В противном случае на нижнюю кромку наплавляется металл, который иногда стекает с кромки, образуя трудноудаляемые наплысы.

Резку можно выполнять на постоянном и переменном токе. В качестве источников питания переменного тока можно использовать обычные сварочные трансформаторы любых типов с напряжением холостого хода не менее 60 В, а постоянного тока — сварочные выпрямители такие же, как и для сварки.

Оптимальный режим резки для электродов:

Диаметр электрода, мм	Сила тока, А
4	250–280
5	320–380
6	400–420

Напряжение на дуге 35–45 В. В некоторых случаях, связанных с отклонениями в составе или грануляции компонентов шихты, оптимальный режим перемещается в область более высоких токов.

Скорость резки в вертикальном положении электродами АНР-2М диаметром 5 мм при ширине канавки 14 мм, глубине 9 мм составляет 20–25 м/ч, в нижнем положении при размерах канавки 10×7 мм — около 50 м/ч.

Таблица 2. Твердость при резке различных материалов

Материал	Марка электрода	0,2	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5
Ст3	ВДР	230	187	168	153	141	138	138	134
	АНР-2М	187	153	130	130	130	120	120	120
Сталь	ВДР	250	232	225	195	190	182	170	160
	АНР-2М	230	220	210	190	175	160	156	150
09Г2С	ВДР	330	292	290	290	270	252	169	163
Сталь	АНР-2М	258	232	190	180	167	166	150	150
10ХСНД									

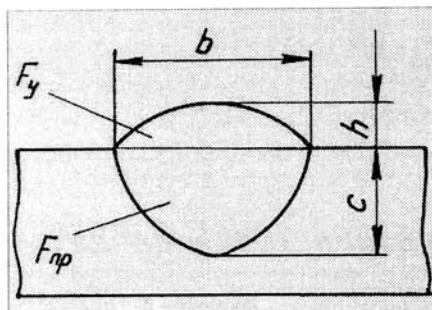


Рис. 1. Параметры формы шва

В процессе выполнения сварочных работ с использованием порошковой проволоки ПП-АН1 возникли трудности с обеспечением качества сварочных соединений из-за образования пор. Прошу Вас дать рекомендации по производству работ этой маркой проволоки.

**С. Г. Дахновский,
ОАО «Макеевский ЗМК» (Макеевка)**

Проволоку ПП-АН1 рутил-органического типа рекомендуют в основном для сварки малоуглеродистых конструкционных сталей Ст3 (ГОСТ 380-60), 08, 10, 15, 20 (ГОСТ 1050-60) и др. этого класса с содержанием углерода до 0,25%. Лишь при сварке на умеренных режимах и незначительной глубине провара можно сваривать высокоглиноземистые стали Ст4, Ст5 и подобные им.

Изменение формы и размеров шва, глубины проплавления зависит от всех параметров режима сварки. Регулируя сварочный ток, напряжение дуги, вылет и скорость сварки, можно получить благоприятные форму и

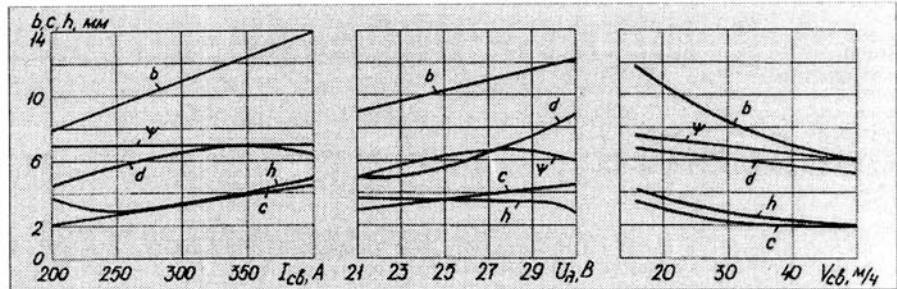


Рис. 2. Влияние силы тока (а), напряжения дуги (б) и скорости сварки (в) на форму и размеры шва (проводка рутил-органического типа)

размеры шва — шириной шва b , глубиной проплавления c , усиливением h , площадями усиления F_y и проплавления F_{np} (рис. 1).

Об изменении этих величин, характеризующих форму и размеры швов в пределах диапазона рекомендуемых токов, напряжений и скоростей сварки для проволоки рутил-органического типа диаметром 2,8 мм марки ПП-АН1, можно судить по зависимостям, приведенным на рис. 2. Здесь также показаны зависимости коэффициентов формы усиления $d=b/h$ и провара $\psi=b/c$ от параметров режима сварки. Площадь усиления с увеличением напряжения практически не изменяется. Наиболее благоприятную форму имеют швы, сваренные при высоком напряжении. Широкий шов обеспечивает хорошие условия для дегазации ванны при ее кристаллизации. При сварке на большом токе, низком напряжении и с большой скоростью получаются швы с большим усилием, форма их неблагоприятна, возможны подрезы. При выборе режимов сварки следует учитывать толщину металла и тип сварного соединения.

Таблица. Режимы сварки металлов различной толщины

Толщина металла, или катет шва, мм	Вид соединения	Сварочный ток, А	Напряжение на дуге, В	Скорость подачи проволоки, м/ч
5-8		180-220	24-28	110-159
8-12		220-250	28-30	159-178
10-16		220-250	26-28	178-188
8-12		250-280	28-32	188-210
14-18		220-250	26-28	178-188
14-18		300-330	30-32	210-235
20-30		280-320	28-30	210

Ориентировочные режимы сварки металла различных толщин для проволоки марки ПП-АН1 диаметром 2,8 мм приведены в таблице. Допускается применять несколько большую силу сварочного тока.

Для правильного ведения процесса сварки проволокой рутил-органического типа необходимо:

1. Установить вылет проволоки равным 15-20 мм. При большем вылете проволока перегревается, ухудшаются механические свойства металла шва, в нем появляются поры; сварка с укороченным вылетом может привести к привариванию проволоки к мундштуку и вызвать загрязнение наконечника мундштука брызгами.

2. Установить требуемую скорость подачи проволоки, после чего отрегулировать напряжение холостого хода источника питания так, чтобы в процессе сварки проволока не упиралась в металл.

3. Сварку прекращать, резко обрывая дугу, чтобы избежать удлинения вылета. В случае повышенного содержания углерода и кремния в свариваемой стали прекращать сварку после плавного удлинения дуги, в противном случае возможны вздутия и поры в кратере шва.

4. При сварке стыковых швов соблюдать, чтобы проволока была перпендикулярна к шву (свариваемому изделию). Допускается сварка «углом назад»; в этом случае отклонение проволоки от вертикали не должно превышать 15°.

5. При сварке тавровых соединений положение проволоки относительно шва следует устанавливать таким же, как и в предыдущем случае, а угол между полкой таврового соединения и проволокой устанавливать 45-60°.

Если сваривается тавровое соединение с зазором, то дугу следует сместить на полку тавра от вершины угла. В противном случае возможно образование пор в корне шва. ■

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

Все о восстановлении деталей машин наплавкой

6. Техника и технология механизированной электродуговой наплавки

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.

Производительность наплавки, качество формирования наплавленного слоя, его химический состав и структура в большей мере зависят от режима, техники и технологии наплавки.

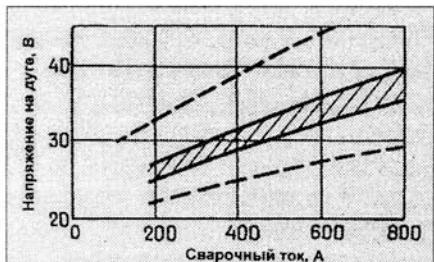


Рис. 1. График выбора напряжения в зависимости от тока при наплавке под флюсом

Режим наплавки желательно выбрать таким, чтобы было обеспечено хорошее формирование каждого наплавленного валика, максимальная производительность наплавки, минимальное (но вполне надежное) проплавление основного металла или ранее наплавленного слоя, минимальный припуск на механическую обработку. Основные показатели режима наплавки: ток, напряжение дуги, скорость наплавки, число электродов, вылет электродов, шаг наплавки, а при наплавке тел вращения — смещение с зенита (при наплавке по наружной поверхности) или надира (при наплавке по внутренней поверхности).

Ток определяет производительность наплавки. Чем больше ток, тем выше производительность. С увеличением тока растет длина сварочной ванны, и при наплавке тел вращения это может привести к стеканию металла. От тока зависят очертания сечения наплавленного валика — чрезмерное увеличение тока приводит к резкому увеличению глубины проплавления, образованию высоких и узких валиков.

Форма наплавленного валика зависит также от напряжения дуги. Повышение напряжения при одинаковом токе увеличивает ширину и уменьшает высоту валика. Желательно производить наплавку при минимальном напряжении дуги, однако оно должно быть согласовано с током: при слишком малом напряжении получается узкий и высокий наплавленный валик, с неудовлетворительными очертаниями сечения, при слишком большом — плавится очень много флюса и возможно его стекание. Для выбора напряжения в зависимости от тока можно

руководствоваться графиком, приведенным на рис. 1. Оптимальный режим показан штриховкой, пунктиром — пределы напряжения, применяемого в отдельных случаях.

Скорость наплавки (перемещения дуги) в отличие от скорости сварки не определяет производительности процесса, но влияет на распределение металла по наплавляемой поверхности (рис. 2). Малые скорости (5–10 м/ч) применяют при наплавке электродной лентой и многозаэлектродной наплавке. В этом диапазоне уменьшение скорости приводит к уменьшению глубины проплавления. При слишком малой скорости возможны непровары и нарушения формирования кромки наплавляемого валика. В среднем диапазоне (20–40 м/ч) глубина проплава практически не зависит от скорости наплавки. Ширина валика уменьшается с увеличением скорости. При скоростях 40–60 м/ч увеличение скорости наплавки вызывает одновременное уменьшение глубины проплавления и ширины наплавленного валика.

Число электродов влияет на производительность наплавки и форму сварочной ванны. При наплавке одним и двумя электродами оптимальное формирование получается при обратной полярности, при наплавке тремя или четырьмя электродами можно применять прямую полярность, что на 30–40% увеличивает скорость плавления проволоки. При наплавке плоских изделий больших размеров и тел вращения диаметром более 300 мм можно использовать электродную ленту.

Оптимальная величина вылета электрода зависит от физических свойств проволоки

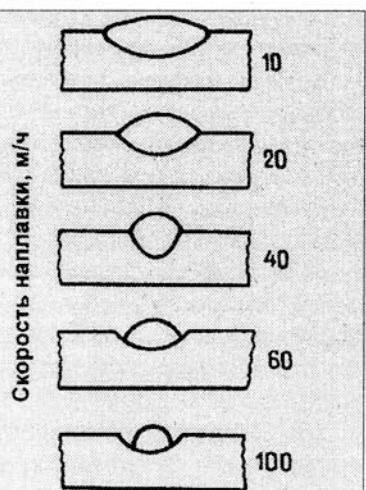


Рис. 2. Влияние скорости наплавки на форму поперечного сечения наплавленного валика

или ленты, от их диаметра или сечения. Чем больше электрическое сопротивление и чем меньше диаметр проволоки, тем меньше должен быть вылет. Перегрев вылета проволоки приводит к ее изгибу и наплавке извилистых валиков, причем ухудшается и формирование наплавленного слоя. Обычно оптимальная величина вылета около 30 мм.

Шаг наплавки, т. е. поперечное перемещение электрода при наплавке очередного валика, определяет гладкость наплавленной поверхности и долю основного металла в наплавленном. Слишком большой шаг наплавки может вызвать неровности и чрезмерное разбавление основным металлом, слишком малый шаг — дефекты в виде подворотов и непроваров. Для получения качественного слоя шаг наплавки должен составлять от 0,4 до 0,75 ширины наплавленного валика (рис. 3).

Особенности наплавки деталей типа тел вращения. Техника наплавки должна при максимальной производительности обеспечить хорошее формирование наплавленного слоя с целью уменьшения припусков на последующую механическую обработку наплавленных деталей.

Наплавку тел вращения можно производить по винтовой линии, кольцевыми валиками с периодическим смещением на шаг, широкими кольцевыми валиками или отдельными валиками вдоль образующей.

При наплавке по винтовой линии деталь вращается, а электрод медленно движется параллельно оси вращения. Преимущества этого способа:

- непрерывность процесса, обеспечивающая высокую производительность;
- хорошее формирование наплавленного слоя, что позволяет свести к минимуму припуск на обработку;
- симметричность остаточных напряжений по отношению к оси изделия, что уменьшает или совсем устраняет коробление;
- снижение до минимума доли основного металла в наплавленном путем уменьшения шага наплавки.

Основное затруднение при использовании этой техники наплавки связано с необходимостью применения в наплавочной установке редуктора с большим передаточным числом, который должен обеспечить величину шага (перемещение наплавочной головки по горизонтали) 3–15 мм на каждый оборот изделия.

Более простая наплавка кольцевыми валиками с прерывистым смещением на шаг.

Смещение задается электромеханическим датчиком, который при каждом обороте изделия дает импульс тока на двигатель тележки, перемещающей наплавочный аппарат вдоль горизонтальной оси изделия. Техника наплавки кольцевыми валиками с прерывистым смещением на шаг имеет те же достоинства, что и наплавка по винтовой линии. Однако при использовании этой техники наплавки в местах периодического смещения на шаг ухудшается формирование наплавленного слоя.

Весьма эффективно применение широкослойной наплавки. При средних величинах диаметра изделий (100–300 мм) целесообразно использовать наплавку с поперечными колебаниями электрода, а при больших (> 300 мм) — многоэлектродную наплавку или наплавку лентами. По сравнению с наплавкой одной проволокой широкослойная наплавка при прочих равных параметрах режима обеспечивает более короткую сварочную ванну. В силу этого обстоятельства широкослойная наплавка позволяет для данного диаметра детали повысить ток и, соответственно, производительность процесса.

При наплавке по винтовой линии и по кольцу относительно длинных деталей небольшого диаметра (до 100 мм) во избежание перегрева наплавляемой детали необходимо периодически прекращать процесс наплавки; возможно применение принудительного охлаждения детали (при отсутствии опасности появления трещин и сколов).

Наплавка вдоль образующей производится отдельными валиками с прерыванием процесса наплавки. Для предупреждения коробления валики необходимо наплавлять на диаметрально противоположные стороны детали (наплавка с крестообразной компенсацией). По сравнению с предыдущими методами в этом случае можно применять более высокие режимы наплавки, не боясь стекания сварочной ванны, что обеспечивает большую производительность труда; при наплавке относительно длинных деталей нет опасности перегрева. Недостаток этой техники наплавки — необходимость в сложном оборудовании, позволяющем вести наплавку в двух направлениях с программированием раскладки валиков с крестообразной компенсацией.

Качество формирования наплавленного слоя зависит от режима наплавки. Форма и размеры сварочной ванны должны быть выбраны в соответствии с размерами изделия, иначе возможно стекание металла.

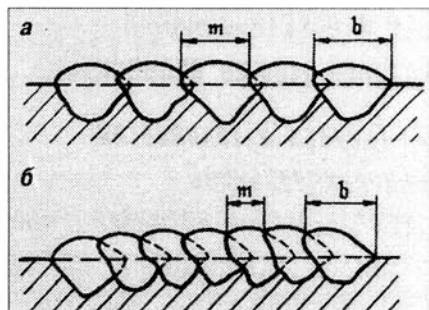


Рис. 3. Размеры шага наплавки, влияющие на качество поверхности и долю основного металла в наплавленном:

а — шаг m близок к ширине валика b , доля основного металла $g=0,5$; б — шаг $m=0,45b$, $g=0,45$

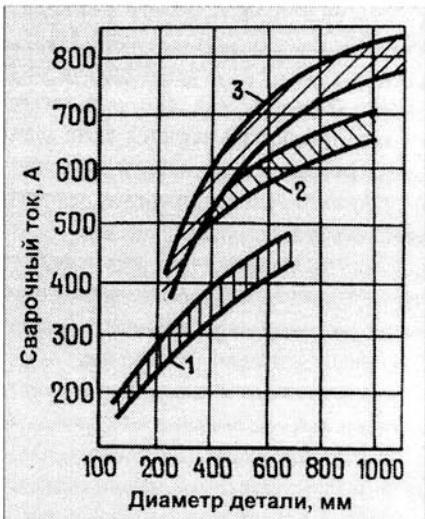


Рис. 4. Оптимальные диапазоны тока при наплавке тел вращения по винтовой линии в зависимости от диаметра изделия:

1 — одним электродом диаметром 3,0–3,5 мм; 2 — одним электродом диаметром 4,0–5,0 мм; 3 — тремя электродами диаметром 3,0–3,5 мм

На рис. 4 штриховкой показаны оптимальные диапазоны тока в зависимости от диаметра наплавляемого изделия при наплавке различным числом электродов. Скорость наплавки (скорость вращения поверхности изделия) при наплавке одним электродом можно выбирать с помощью графика на рис. 5. При многоэлектродной наплавке и наплавке электродной лентой применяют более низкие скорости наплавки.

Большое значение для формирования слоя, наплавленного на тело вращения, имеет правильный выбор смещения с зенита,

Все о восстановлении деталей машин наплавкой.

Б. Техника и технология механизированной электродуговой наплавки

т. е. расстояния от зенита наплавляемой детали до оси электрода. Форма сечения наплавленного валика зависит от того, как уравновешиваются давление дуги и гидростатическое давление жидкой ванны. Если наплавленный участок поверхности наклонен в ту же сторону, куда перемещается дуга, уровень жидкого металла в кратере повышается. Расплавленный металл как бы вытесняет дугу. Глубина провара уменьшается, ширина наплавленного валика увеличивается, и он приобретает наиболее благоприятную форму (рис. 6). И наоборот, наклон наплавляемой поверхности в сторону, противоположную направлению перемещения электрода, приводит к снижению уровня жидкого металла в кратере. Глубина проплавления растет. Формируется узкий валик, возможно появление дефектов и стекание металла.

Величина смещения с зенита должна быть примерно равна длине сварочной ванны, зависящей от тока, напряжения, температуры изделия и пр. С увеличением диаметра изделия и тока следует увеличивать смещение с зенита.

Наплавка конических поверхностей не представляет затруднений, если образующая конуса наклонена по отношению к горизонтальной оси вращения не более чем на 20°. В качестве примера можно привести наплавку ромбических калибров на поверхности прокатных валков. Наплавка таких калибров начинается наложением валика в вершине угла (рис. 7, а). Далее наплавляют два–три слоя по центру калибра (рис. 7, б, в) и, наконец, приступают к наплавке конических поверхностей, образующих наклонные стенки калибра (рис. 7, г). Наплавку производят всегда снизу вверх, на подъем.

Для наплавки конических поверхностей с углом более 20° целесообразно применять специальное оборудование, с помощью которого конус вращается в наклонном положении таким образом, чтобы его образующая была расположена в горизонтальном или близком к нему положении. Если при этом принять меры для сохранения постоянной

скорости вращения и постоянного шага наплавки, то на конической поверхности можно получить такое же качество формирования наплавленного слоя, как и на цилиндрической.

Наплавка плоских поверхностей.

При наплавке плоских поверхностей, например, защитных листов бункерных устройств, ножей для резки металла, ножей бульдозеров и т. п., стремятся наплавить возможно большую площадь при наименьшей глубине проплавления основного металла и минимальном короблении детали.

В случае наплавки под флюсом плоских поверхностей простейшим способом является наплавка отдельных валиков на таком расстоянии друг от друга, чтобы не нужно было удалять шлаковую корку отдельно с каждого валика. Шлак удаляют со всех валиков сразу, затем наплавляют валики в свободных промежутках, чтобы получить по возможности ровную поверхность. При этом получается достаточно глубокий провар основного металла, в результате чего деталь может покоробиться.

Лучшие результаты дает широкослойная наплавка, при которой электрод совершает поперечные колебательные движения, и в каждом крайнем положении электрод или изделие перемещается на шаг наплавки. Электрод при этом возвращается к краю наплавляемой полосы до затвердевания шлаковой корки. В зависимости от режима наплавки и вязкости применяемого шлака возможна наплавка полосы до 400 мм без удаления шлаковой корки и флюса. Глубина проплавления в данном случае может быть уменьшена по сравнению с наплавкой отдельными валиками, кроме того, снижаются затраты времени на удаление шлаковой корки.

Высокую производительность, небольшой провар и малое коробление при наплавке плоских поверхностей обеспечивают многоэлектродная наплавка и наплавка электродной лентой.

Износостойкую наплавку плоских поверхностей целесообразно также выполнять самозащитными порошковыми проволоками и лентами, сообщая электроду поперечные колебания с необходимым размахом. Так как в этом случае отсутствует шлаковая корка большой толщины, то размах колебаний электрода практически неограничен. Это обстоятельство, а также отсутствие затрат времени на удаление шлаковой корки и уборку флюса позволяют дополнительно повысить производительность наплавки. ■

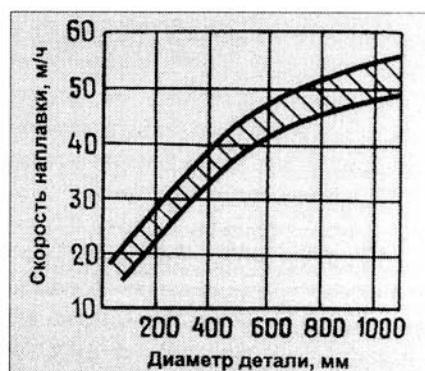


Рис. 5. График оптимальной скорости перемещения дуги при наплавке тел вращения по винтовой линии в зависимости от диаметра наплавленного изделия

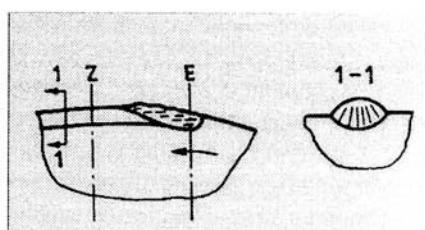


Рис. 6. Оптимальное смещение электрода с зенита:
E – ось электрода; Z – зенит (точка над осью изделия)

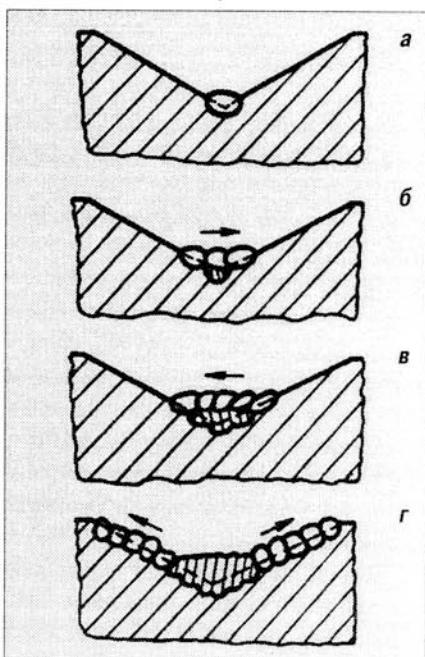


Рис. 7. Стадии наплавки ромбического калибра прокатного вала:
а – наложение валика в вершине угла; б, в – наплавка по центру калибра; г – наплавка конических поверхностей

Источники питания сварочной дуги

5. Инверторные источники питания

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.**

Инверторы применяют во многих отраслях техники, в том числе в различных электротехнических промышленных установках и системах. Их используют для питания потребителей переменного тока в условиях, при которых единственным источником энергии является аккумуляторная батарея (например, бортовые источники питания); в регулируемом электроприводе переменного тока с частотным управлением; на электротранспорте (железнодорожный, метро); для питания различных технологических установок, использующих нестандартную частоту (электротермия, ультразвуковая обработка, электромагнитное перемешивание жидких металлов и др.); наконец, для преобразования постоянного тока одного уровня в постоянный ток другого уровня. Сварочные инверторы можно условно отнести к последней группе установок.

Инверторные источники питания для сварки (ИИП) в последние годы получили достаточно широкое распространение. Небольшие размеры и масса, малая инерционность, улучшенные динамические свойства ИИП выгодно отличают их от традиционных технических решений. Источники питания на основе высокочастотных инверторных преобразователей применяют для дуговой сварки плавящимися и неплавящимися электродами, ультразвуковой и микроплазменной сварки, контактной сварки металла малых и средних толщин. Можно предположить, что в недалеком будущем на основе инверторов

будут созданы также мощные ИИП для электрошлаковой сварки и сварки под флюсом.

Инвертор как составная часть ИИП представляет собой устройство, преобразующее постоянный ток в переменный. Он состоит из коммутирующих элементов, которые включены между источником постоянного напряжения и нагрузкой. Коммутация в силовом контуре инвертора производится циклически таким образом, что к нагрузке прикладывается знакопеременное напряжение. В результате через нагрузку течет переменный ток. Коммутация тока осуществляется с помощью полупроводниковых приборов, работающих поочередно в открытом или закрытом состоянии по заданному алгоритму.

Функциональная схема инверторного источника сварочного тока показана на рис. 1. Согласно структурной схеме, напряжение однофазной или трехфазной сети промышленной частоты преобразуется входным выпрямителем *ВВ* в постоянное напряжение. Это напряжение в свою очередь преобразуется с помощью инвертора *И* в переменное напряжение повышенной частоты (до десятков килогерц), которое затем поступает на понижающий высокочастотный трансформатор *Т_р*. Вторичная обмотка трансформатора нагружена на диодный выпрямитель *В*, к выходу которого через слаживающий дроссель *Д* подключены электрод и изделие. Основными элементами схемы являются сам инвертор и система управления им *СУ*. Блок *СУ* вырабатывает сигналы для периодичес-

кого открывания и запирания ключей инвертора с заданной частотой. Регулирование выходного напряжения *ИИП* можно осуществлять изменением амплитуды и длительности импульса инвертируемого напряжения либо изменением его частоты. Для формирования требуемого наклона внешних характеристик вводят обратные связи по току сварки *ОСТ* и по напряжению дуги *ОСН*. Естественные внешние характеристики инверторных сварочных выпрямителей — падающие из-за высокого индуктивного сопротивления трансформатора, работающего на высокой частоте. Регулирование наклона характеристики в рабочем диапазоне производят за счет отрицательной *ОСТ*, обеспечивающей с ростом сварочного тока снижение частоты инвертирования и тем самым уменьшение напряжения на выходе выпрямителя. Регулировку и стабилизацию выходного напряжения в режиме жестких или пологопадающих характеристик осуществляют

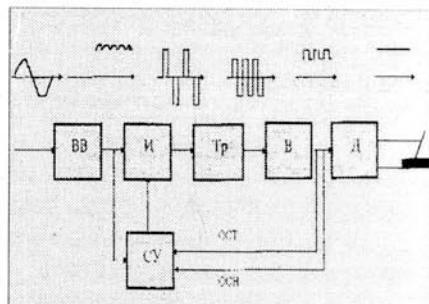


Рис. 1. Функциональная схема сварочного инверторного источника питания

Источники питания сварочной дуги

5. Инверторные источники питания

сигналом *OCH*, формируемым путем сравнения выходного напряжения с некоторым эталонным напряжением.

Питание трансформатора напряжением высокой частоты позволяет существенно снизить массу и объем активных материалов, идущих на изготовление трансформатора. Так, при частоте питающего напряжения 10 кГц масса трансформатора и его габаритные размеры уменьшаются по сравнению с частотой 50 Гц примерно в три раза, а при частоте 50 кГц уже в 15–17 раз. Например, расчетная масса трансформатора мощностью 20 кВ·А при питании напряжением частотой 50 Гц составляет 120 кг, а при 50 кГц — 7 кг. Такое уменьшение массы активных материалов обуславливает существенное (в 25 раз) снижение потерь мощности, а значит, рост КПД источника питания. Росту КПД способствуют также малые коммутационные потери в ключевых элементах, в качестве которых для сварочных инверторов используют достаточно мощные тиристоры или транзисторы.

В первых образцах ИИП для дуговой сварки, которые появились в начале 80-х годов, были использованы инверторы на тиристорах. Принцип преобразования постоянного напряжения в переменное повышенной частоты в тиристорных инверторах такой же, как и в транзисторных, с той лишь разницей, что в схемах на тиристорах осуществляется принудительная их коммутация при помощи конденсаторов. Основным недостатком тиристорных инверторов является сравнительно невысокая частота преобразования, которая зависит от времени выключения тиристоров. Современные быстродействующие

тиристоры с минимальным временем выключения 20 мкс позволяют получить предельную частоту всего лишь 5 кГц. Инвертирование на более высокой частоте невозможно из-за вероятности возникновения аварийного режима, который называется опрокидыванием инвертора (короткое замыкание на выходе сетевого выпрямителя). Рабочую частоту тиристорного инвертора можно повысить, выполняя его многозвенным. Однако этот путь нельзя признать эффективным, поскольку существенно усложняется схема инвертора, а значит, снижается надежность. Поэтому сейчас на ведущих мировых фирмах, выпускающих сварочные источники питания, отдают предпочтение более быстро действующим транзисторным инверторам.

По принципу действия различают однотактные и двухтактные транзисторные инверторы. В однотактных преобразователях энергия из сети постоянного тока передается нагрузке в течение одного из двух тактов его работы. В двухтактных схемах эта энергия поступает в течение обоих тактов работы преобразователя. В простейшем виде однотактный инвертор представляет собой последовательное соединение транзистора и нагрузки (например, первичная обмотка трансформатора). Транзистор работает в режиме переключения с коэффициентом заполнения γ , равным относительной длительности открытого состояния транзистора (обычно $\gamma = 0,5$). При открытом транзисторе к нагрузке приложено постоянное напряжение, и в намагничивающем контуре трансформатора накапливается реактивная энергия. Когда транзистор закрыт, эта энергия передается к нагрузке, формируя импульс напряжения обратной полярности. Основным недостатком однотактных инверторов является несимметричная форма выходного напряжения и, как следствие, подмагничивание трансформатора постоянной составляю-

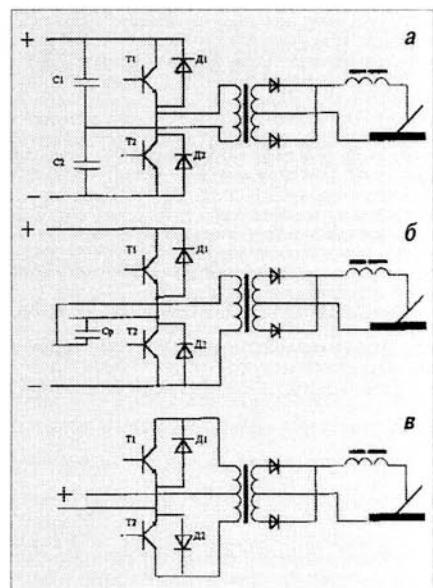


Рис. 3. Схемы силового контура полумостового инвертора с емкостным делителем напряжения (а), полумостового инвертора с разделительным конденсатором (б) и источника питания на основе двухканатного инвертора с нулевым выводом (в)

щей тока, что приводит к увеличению его габаритных размеров и повышенным потерям мощности в нем. Поэтому область применения однотактных схем ограничена маломощными устройствами (десятки ватт).

В сварочных источниках питания обычно используют двухтактные схемы инверторов. На рис. 2, а показана одна из распространенных схем силовой части ИИП с двухтактным мостовым преобразователем. Управление транзисторами T_1-T_4 производится таким образом, что одновременно открыта одна пара транзисторов, например, T_1 и T_4 либо T_2 и T_3 . При переключении этих пар (одна пара закрывается, вторая — открывается со сдвигом по фазе на угол $\gamma\pi$ относительно первой пары, рис. 2, б) происходит изменение полярности на первичной обмотке трансформатора. В каждой паре транзисторы открыты полпериода. В результате выходное напряжение инвертора имеет вид прямоугольников с паузой на нулевом уровне длительностью $(1 - \gamma)\pi$ (рис. 2, б). Если в интервале $(0 - \gamma\pi)$ открыты транзисторы T_1 и T_4 , то на участке от 0 до ϕ_H накопленная в предыдущем периоде энергия в намагничивающем контуре трансформатора возвращается в источник через диоды D_1, D_4 , а на участке от ϕ_H до $\gamma\pi$ ток I_H изменяет

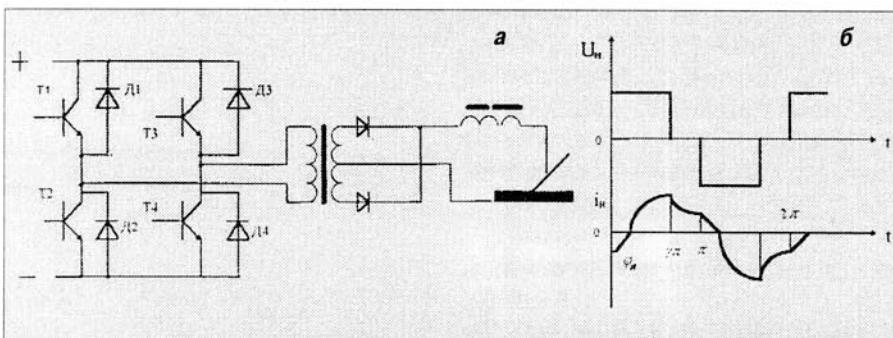


Рис. 2. Источник питания на основе мостового инвертора (а) и временные диаграммы напряжения на выходе инвертора и тока нагрузки (б)

направление и поступает из источника постоянного напряжения в нагрузку. В момент времени, когда $\omega_t = \pi$, происходит включение транзисторов T_2 , T_3 , и образуется цепь, замыкающая выходные выводы инвертора накоротко, что соответствует нулевому уровню напряжения на выходе инвертора (рис. 2, б). Эта цепь состоит из диода D_3 и еще не закрывшегося транзистора T_1 . Ток нагрузки уменьшается, так как энергия, запасенная в индуктивности трансформатора, расходуется на сопротивлении контура и нагрузки (дуги). В момент времени, когда $\omega_t = \pi$, включаются транзисторы T_2 , T_3 , и начинается второй полупериод, процессы которого аналогичны рассмотренным выше и отличаются только тем, что ток I_h имеет обратный знак. По форме ток I_h более близок к синусоиде, чем напряжение, благодаря фильтрующему действию индуктивности трансформатора.

Полумостовая схема с емкостным делителем напряжения и двумя транзисторами (рис. 3, а) достаточно часто встречается в ИИП. Общая точка конденсаторов C_1 и C_2 в этой схеме образует искусственный вывод потенциала сетевого выпрямителя, питающего инвертор. В полупериод, когда открыт транзистор T_1 , происходит заряд конденсатора C_2 и разряд C_1 . В другой полупериод, когда открыт транзистор T_2 , заряжается C_1 и разряжается C_2 . Таким образом, с помощью ключей T_1 и T_2 напряжение каждой половины емкостного делителя ($U_h/2$) прикладывается попеременно с чередующейся полярностью к первичной обмотке силового трансформатора.

В другом варианте полумостовой схемы (рис. 3, б) используется разделительный конденсатор C_p , который заряжается, когда открыт транзистор T_1 (T_2 — закрыт) и разряжается в течение следующего полупериода, когда открыт транзистор T_2 (T_1 — закрыт). Так как конденсатор пропускает только переменную составляющую тока, то к нагрузке (первичная обмотка трансформатора) прикладывается переменное напряжение, а на конденсаторе выделяется постоянная составляющая напряжения, равная $U_h/2$. Следовательно, амплитуда переменного напряжения на нагрузке так же, как и в других полумостовых схемах, будет равна $U_h/2$, а его форма близка к прямоугольной.

Возможность объединения в общую точку одного из выводов источника, питающего инвертор, и одного из входных зажимов

Таблица 1. Основные параметры полупроводниковых приборов

Параметры	Тиристор	Транзистор биполярный BJT	Транзистор полевой MOSFET	Транзистор биполярный с изолированным затвором IGBT
Ток, А	400(4)	600(4)	100(3)	600(4)
Рабочее напряжение, В	2500(4)	1200(4)	500(3)	1200(4)
Время выключения, мкс	20(3)	5(4)	0,3(5)	1(5)
Легкость управления	(3)	(4)	(5)	(5)

Примечание. В скобках приведены условные оценки характеристик приборов по пятибалльной шкале.

нагрузки относится к особенностям схемы, приведенной на рис. 3, б. Это позволяет упростить монтаж устройства. Таким же положительным свойством наделена и двухтактная схема инвертора с нулевым выводом (рис. 3, в), содержащая два транзистора (T_1 и T_2). В данном случае коллектор каждого транзистора подсоединен к соответствующему выводу первичной обмотки трансформатора, а точка соединения эмиттеров — к отрицательному выводу питающего выпрямителя. Средняя точка первичной обмотки подведена к другому выводу выпрямителя. При поочередной коммутации транзисторов T_1 и T_2 постоянное напряжение прикладывается попеременно то к одной, то к другой половине первичной обмотки трансформатора, создавая в его сердечнике переменный магнитный поток. Напряжение, прикладываемое к закрытому транзистору в этой схеме, равно удвоенному напряжению источника, питающего инвертор, а в остальных рассмотренных схемах оно равно одинарному его значению.

Коллекторный ток транзисторов в мостовой схеме так же, как и в нулевой схеме (рис. 3, в), равен приведенному значению тока нагрузки. В полумостовых схемах значение этого тока в два раза больше, так как приложенное к нагрузке (первичной обмотке силового трансформатора) напряжение вдвое меньше напряжения сетевого выпрямителя. Нулевая схема содержит минимальное число элементов и удобна при монтаже, так как эмиттеры транзисторов объединены. Есть и отрицательные стороны рассматриваемой схемы. Конструкция трансформатора усложняется из-за необходимости обеспечения хорошей магнитной связи между половинами первичной обмотки. Это требуется для уменьшения индуктивности рассеяния и снижения перенапряжений на транзисторах. Силовые коммутирующие транзисторы должны быть рассчитаны на двойное обратное напряжение и коммутационные перенапряжения. Поэтому более предпочтительной в этом случае оказывается мостовая схема

инвертора, которая нашла широкое распространение в инверторных сварочных источниках питания.

В рассмотренных выше схемах транзисторы шунтированы встречно включенными диодами, благодаря чему при активно-индуктивной нагрузке обеспечивается беспрепятственный возврат тока нагрузки в источник питания инвертора в течение начальной части каждого полупериода. Расчетная мощность транзисторов всех схем одинакова. Потери в транзисторах и диодах минимальны в нулевой схеме (рис. 3, в). В мостовой и полумостовой схемах они вдвое больше (при прочих равных условиях), так как в первом случае вдвое больше количество транзисторов и диодов, а во втором — вдвое больше токи, протекающие через коммутирующие транзисторы. Сигналы, управляемые транзисторами, создают генераторы прямоугольных импульсов, которые являются самостоятельными устройствами, входящими в состав блока управления. Есть двухтактные инверторы с самовозбуждением, у которых управляющие сигналырабатываются за счет положительной обратной связи.

Современные мощные транзисторы по сравнению с тиристорами обладают более высокими коммутиирующими свойствами и могут обеспечить частоту инвертируемого напряжения и тока до 100 кГц. В табл. 1 приведена сравнительная характеристика силовых полупроводниковых приборов, которые могут быть использованы в качестве ключей для инверторных источников питания. Наилучшие характеристики в целом имеют транзисторы IGBT, выпускаемые многими ведущими фирмами мира. Их широко применяют в инверторной технике, благодаря легкости управления, способности устойчиво работать с пиковыми токовыми нагрузками, широкой области безопасной работы, стойкости к перенапряжениям.

В табл. 2 приведены технические характеристики современных ИИП.

В последнее время в некоторых транзисторных ИИП применяют цифровое управле-

Источники питания сварочной дуги

5. Инверторные источники питания

ние, которое позволяет регулировать форму тока в динамике с высоким быстродействием — до 1000 А/(м·с). При этом сварочный ток может быть постоянным, импульсным, средней и высокой частоты, переменно-постоянным. Такое управление существенно расширяет технологические возможности ИИП для многих способов сварки. Для сравнения, в обычном тиристорном выпрямителе, работающем от трехфазной сети частотой 50 Гц, минимальный интервал времени, за который можно внести единичное изменение в динамические параметры, составляет 1/6 периода напряжения сети или 3,3 мс. В

инверторном источнике питания с рабочей частотой преобразователя 50 кГц за этот промежуток времени такие изменения можно проделать примерно 160 раз. Например, при сварке в CO₂ с короткими замыканиями дугового промежутка можно управлять силой тока в динамике по заданным алгоритмам, регулируя в требуемом направлении действие электродинамических сил при образовании и разрушении жидкой перемычки металла между сварочной ванной и электродом и тем самым снижая разбрзгивание. Значительно расширяются возможности МАГ и МИГ сварки с использованием импульсных источников на основе инверторов. С помощью микропроцессоров можно с большой точностью и быстродействием задавать и управлять всеми параметрами сварочного процесса от ско-

рости подачи проволоки и защитного газа до оптимальных соотношений длительности и частоты импульсов сварочного тока.

Последним достижением в мировой сварочной практике стали системы цифрового управления сварочными процессами с использованием алгоритмов, основанных на нечеткой логике (фаззи-управление). Алгоритм фаззи-управления базируется на большом объеме изменяющейся информации о сварочной дуге и параметрах всего технологического процесса. Для реализации этих алгоритмов также требуется высокое быстродействие исполнительных устройств, в том числе и источников питания сварочной дуги. В этом отношении наиболее пригодными являются источники питания на основе транзисторных инверторов. ■

Таблица 2. Современные инверторные источники питания

Тип источника	Тип инвертора	Напряжение сети, В	Напряжение холостого хода, В	Пределы регулирования тока, А	Напряжение дуги, В	Потребляемая ПН, кВ·А	Масса, кг	Предприятие-производитель
ВДУЧ-160	Тирист.	1×220	36	30–160 TIG, MMA, MAG	16–24	60	60	27
ВДУЧ-200	То же	1×220	36	30–200 TIG, MMA, MAG	16–28	8,0	40	27
«ИМПУЛЬС-2»	Транзист.	1×220	—	26–160 MMA	26	5,2	—	13
«ФОРА-60»	То же	1×220	50	30–60 MMA	—	—	100	5,2
«Фора-120»	“ “	1×220	50	30–120 MMA	—	—	60	10
«Фора-160»	“ “	1×220	50	30–160 MMA	—	—	60	11
«Stick-150»	“ “	1×230	95	5–150 MMA, TIG	—	4,8	25(150 A)	10
«Stick-150T»	“ “	1×230	95	5–150 TIG	—	4,8	100(90 A)	10
«Stick-450»	“ “	1×230	95	20–450 MMA	—	21,1	60(450 A), 62 100(350 A)	“ ”
ANW160	“ “	1×230	—	5–160 MMA, TIG	26,16	7,2	40(200A), 6,5 80(200A)	«Elektroda»
ANW200	“ “	1×230	—	5–200 MMA, TIG (по программе)	28,18	9,0	40(200 A), 16 80(200 A)	То же
«Master-1500»	“ “	1×230	80	15–150 MMA	20,5–26	6,6	20(150 A), 10,5 60(105 A), 100(75A)	KEMPP
«Master-2200»	“ “	34380	80	15–220 MMA	35	8,4	25(220 A), 12,5 60(145 A), 100(110 A)	То же
«Mastertig1500»	“ “	1×230	80	15–150 MMA, 5–50TIG	20,5–26, 10–16	6,6	20(150 A), 14 60(105 A), 100(75 A)	“ ”
«Maxstar152»	“ “	1×230	95	1–150 TIG, MMA, TIG (импульсный)	25	6,2	100(100 A)	Miller
CADDY110/150	“ “	1×230	85–95	110/150 MMA, TIG	24–26, 14–18	—	35/25 6,5	ESAB
TRANSPORT:								
1400	“ “	1×230	—	5–140 MMA, TIG	25	—	35	4,2
2000		3×400		20–200 MMA, TIG	28	—	40	10,5
TRANSTIG:								
1600	“ “	1×230	—	2–160 MMA, TIG	—	—	40	8,4
2000		1×230		3–200 MMA, TIG	—	—	35	23
ФЕБ-200	Тирист.	1×220	45–55	40–160 MMA, 40–200 MAG	12–28	765	40(200), 23 100(130)	НПП «ФЕБ», С.-Петербург
ФЕБ-350	То же	3×380	65–75	40–350 MMA, MAG	12–32	12,0	40(350 A), 45 100(250 A)	То же
ВДУЧ-301	“ “	3×380	80	50–315 MMA, MAG	16–36	—	60	69
ДС140.3	Транзист.	1×220	—	25–140 MMA	—	—	60	10
								АО «СЭЛМА» НПП «Технотрон»

Сварка и родственные технологии, проблемы и пути решения

Международный симпозиум

А. А. Радченко, канд. техн. наук, Научно-исследовательский и конструкторско-технологический институт сварки и защитных покрытий с опытным производством (Минск)

26–27 мая 1999 г. в Минске состоялся Международный симпозиум «Сварка и родственные технологии, проблемы и пути решения», организованный Государственным комитетом по науке и технологиям Республики Беларусь (ГКНТ РБ), Белорусским государственным научно-исследовательским и конструкторско-технологическим институтом сварки и защитных покрытий с опытным производством (НИКТИ СП с ОП), Белорусским республиканским фондом фундаментальных исследований при спонсорской поддержке фирм «Курт Хауфе» (Германия), «СПАВ» (Польша), а также ВО «Экспофорум» и ДП ОКБ «Импульс» (Беларусь).

В работе симпозиума приняли участие 80 представителей научно-исследовательских институтов, фирм и предприятий, занимающихся фундаментальными и прикладными исследованиями, разработкой и производством материалов, оборудования, технологий и нормативной документации из Беларусь, Германии, Польши, России, Украины.

Открыл симпозиум председатель оргкомитета д-р техн. наук С. А. Дорошевич — генеральный директор БГ НПК ПМ.

Приветствие симпозиуму Президента НАН Украины академика Б. Е. Патона было зачитано академиком НАН Украины Л. М. Лобановым. В нем было отмечено, что первый для Республики Беларусь симпозиум позволит его участникам не только обменяться новой информацией, но и укрепить научное и деловое сотрудничество, поможет консолидации ученых сварщиков разных стран, будет способствовать признанию молодой белорусской сварочной науки.

На симпозиуме было представлено 20 плenaryных и 17 стендовых докладов. На пленарном заседании большой интерес участников симпозиума вызвал доклад д-ра техн. наук В. К. Шелега (директор НИКТИ СП с ОП): «Состояние и перспективы развития сварки в Республике Беларусь», в котором впервые был дан анализ состояния сварочной отрасли Республики Беларусь, показана ее значимость для экономики республики. Вскрыты причины существующих проблем развития сварочного производства. Отмечены положительные шаги в политике государства в области сварки, выразившиеся, в частности, в создании в 1992 г. головной организации в Республике Беларусь в области сварки — НИКТИ СП с ОП и реализации ГНП «Сварка» и «Задача поверхности». Предложены наиболее перспективные пути развития сварки и родственных технологий в республике, рассмотрены актуальные на ближайшую и дальнюю перспективы планы научно-исследовательских работ и мероприятия по всем важным направлениям сварочной науки, техники и производства.

С интересом был выслушан доклад академика НАН Украины Л. М. Лобанова (ИЭС им. Е. О. Патона): «Направления деятельности Института электросварки им. Е. О. Патона в области сварки и прочности конструкций», представившего современные работы института, связанные с созданием высокоеффективных сварных конструкций, в т. ч. комплекс компьютерных программ для расчетов на прочность сварных соединений и узлов, методы определения и регулирования сварочных напряжений и деформаций, способы неразрушающего контроля качества, технологические средства для повышения долговечности сварных конструкций, а также созданных новых типов сварных конструкций и автоматизированного оборудования для их производства.

Вопросам дальнейшего совершенствования автоматизированного проектирования технологии сварки был посвящен доклад канд. техн. наук Э. В. Лазарсона (Пермский государственный технический университет), в котором были изложены современные тенденции перехода от проектирования на базе САПР к интеллектуальным системам типа экспортных систем и к компьютерной поддержке решений.

В докладе канд. техн. наук С. П. Рагуновича (НИКТИ СП с ОП) рассмотрены теоретические и технологические основы сварки с пониженным тепловложением в изделие, затронуты как общие вопросы, связанные со снижением тепловложения в изделие, так и особенности формирования сварочной ванны при сварке на фарсированных режимах, сварке проникающей сжатой дугой, а также нового источника нагрева — низкоамперной сжатой дуги, разработанного НИКТИ СП с ОП. Отмечено, что наиболее эффективным приемом повышения качества, экономичности и экологичности сварочного производства является переход к механическим и термомеханическим процессам сварки. Приведены примеры реализации в республике таких технологических процессов, как сварка трением (ПО «Минский тракторный завод»), сварка взрывом (НИИ ИП с ОП), микросварка взрывом (НИИ физико-технических проблем Белорусского государственного университета), контактно-стыковая сварка (Могилевский машиностроительный институт, НИКТИ СП с ОП), конденсаторная сварка (НИКТИ СП с ОП).

Тенденциям развития методов неразрушающего контроля сварных соединений посвящен доклад д-ра техн. наук П. П. Прохоренко (Институт прикладной физики НАН Беларусь), в котором освещены вопросы количественной дефектоскопии, обеспечивающей получение информации о размерах дефекта и его расположении; комплексного неразрушающего контроля с использованием нескольких физических методов, обеспечива-

ющего полноту и достоверность информации. Представлены основные результаты теоретических исследований, проведенных в Институте прикладной физики НАН Беларусь, и приведены практические примеры эффективного использования магнитного метода, ультразвукового метода и эффекта Баркгаузена для определения механических свойств металла в зоне шва, приведены особенности методик обнаружения дефектов в сварных соединениях полиэтиленовых труб для газопроводов, показана перспективность высокочувствительного капиллярного метода контроля. Рассмотрены вопросы подготовки специалистов по неразрушающему контролю и их сертификации по трехуровневой европейской системе.

Вызвал интерес доклад инж. Ахима Цшалера (Германия): «Новое поколение сварочных горелок фирмы «Бинцель», представившего последние разработки фирмы для сварки МАГ высокой мощности (до 500 А) в среде многокомпонентных защитных газов; для сварки МИГ/МАГ серии «РМ» с дополнительными возможностями, в т. ч. для обращения к памяти источника питания с целью использования определенных программ сварки, для регулирования, поправки и т. п., согласования с источником питания; для сварки ВИГ, отличающихся небольшими габаритами и массой; передачей тока посредством техники «двух канавок» модульной конструкции.

На симпозиуме были заслушаны также доклады, посвященные гармонизации национальных стандартов на сварочные электроды для ручной дуговой сварки с международными стандартами ISO 2560, EN 499 (инж. Г. И. Полищук, АО «Спецэлектрод», Москва); совершенствованию способов управления процессами дуговой сварки (канд. физ.-техн. наук В. А. Цыганов, НИКТИ СП с ОП); особенностям сварки труб взрывом и расчету остаточных напряжений в слоистых трубах, полученных сваркой взрывом (д-р техн. наук В. К. Ковалевский, БГПА, Минск); влиянию параметров режимов сварки и проковки на работоспособность точечных соединений (д-р техн. наук В. П. Березиенко, ММИ, Могилев), состоянию и перспективам развития работ по автоматизации заготовительно-сварочного производства (В. В. Дащевич, инж., ОКБ «Импульс», Минск), методике расчета инжекционной способности газопламенных резаков низкого давления (канд. техн. наук А. К. Несторов, НИКТИ СП с ОП) и др.

Прошедший симпозиум способствовал расширению и углублению научных контактов между учеными и производственниками, дальнейшему развитию научных исследований и прикладных разработок в области сварки и родственных технологий. ■

Технология подводной резки контактно-дуговым способом

В. Бах, Дж. Линдемайер, Е. Филипп, Р. Версеманн

Одним из видов электротермической резки, применимым для подводных работ, является контактно-дуговая резка (КДР). Она характеризуется безопасностью и низкой себестоимостью.

Принцип данного способа резки состоит в следующем (рис. 1). Электрод 6 приводится в контакт с разрезаемой деталью 2. Большой ток (примерно 4000 А) протекает через малую площадь контакта. Благодаря высокой плотности тока происходит быстрый нагрев и взрывообразное испарение металла

детали. В образовавшемся зазоре вследствие ионизации газовой смеси зажигается дуга, выплавляющая определенный объем разрезаемой детали. По мере роста зазора дуга обрывается. Продукты реза вымываются потоком воды, которая подводится к зоне реза. Постепенное движение электрода вглубь полости реза обеспечивает многократное повторение описанного процесса.

Электроды для резки выполняют в форме, приспособленной для конкретных условий. В настоящее время электроды производят из обычного и армированного углеродными волокнами графита, вольфрамо-медного композита или, в отдельных случаях, из низкоуглеродистой стали. В процессе работы износ поверхности диска компенсируется наплавкой разрезаемого материала, что обеспечивает низкий расход диска.

При КДР по сравнению с другими способами резки усилие реза минимально, что снижает требования к конструкции электрододержателя. В экстремальных условиях это облегчает применение копирующего механизма для перемещения резака.

КДР позволяет разрезать любые металлические материалы, включая биметаллы. Максимальная толщина реза зависит лишь от геометрии электрода и интенсивности промывки водой. Геометрия, в том числе разнотолщинность, деталей не осложняет ход резки. Сложные конструкции и детали с полостями также могут быть разрезаны за один проход (рис. 2).

С помощью КДР можно делать сквозные и глухие отверстия как круглого, так и не-круглого сечения. Возможно выполнение глухих отверстий максимальной глубиной до 250 мм (рис. 3). Вымывание продуктов реза в этом случае осуществляют прокачкой воды через трубчатый электрод. Можно также периодически выдвигать электрод из отверстия, чтобы удалять облой.

При КДР возможно использовать вместо фиксированного электрода вращающийся диск (рис. 4). При этом расплавленный металл удаляется из полости реза вследствие

вращению диска, а подача воды не требуется. Максимальная толщина реза в этом случае ограничивается только диаметром дискового электрода. Так, для разрезания пластины толщиной 40 мм требуется диск диаметром 120 мм. Для нормального удаления продуктов реза скорость вращения диска должна быть не менее 30 м/с. Диск выполняют из низкоуглеродистой стали. В процессе работы износ поверхности диска компенсируется наплавкой разрезаемого материала, что обеспечивает низкий расход диска.

По эффективности резки металла под слоем воды КДР сопоставима с известными способами подводной резки (плазменно-дуговой и ленточной пилой). Плазменно-дуговая резка под слоем воды возможна только для толщины до 80 мм. Более толстые сечения можно разрезать только с помощью КДР или механическим способом — ленточной пилой. При равной толщине металла скорость при КДР на токе 2000 А немного выше, чем при плазменно-дуговой резке (рис. 5). Начиная с толщины 150 мм, скорость КДР существенно выше, чем при резке ленточной пилой. Наилучшие результаты достигаются при использовании комплекта источников питания (например, 2×2000 А).

Как и другие способы подводной резки, КДР производит выбросы в виде аэрозолей, взвесей и осадков. Количество выделения продуктов реза при КДР и плазменной резке зависит от конкретных параметров процесса, так что приведенная схема может служить только ориентиром. Наибольшее влияние на выделение частиц при КДР оказывают толщина электрода, определяющая ширину реза, и напряжение холостого хода источника питания. Общее количество аэрозолей, взвесей и осадков практически одинаково для обоих способов. Для резки листа нержавеющей стали толщиной 60 мм на глубине 0,5 м для обоих способов это значение различается только на 150 г на

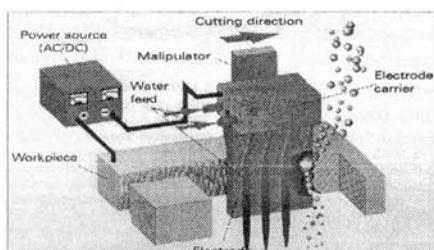


Рис. 1. Схема контактно-дуговой резки

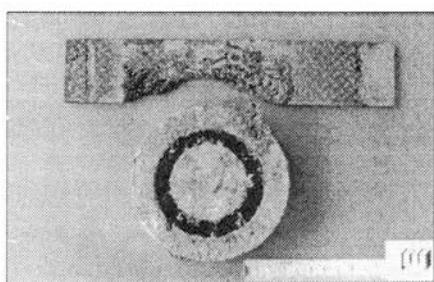


Рис. 2. Образцы деталей сложных сечений, разрезанных с помощью КДР

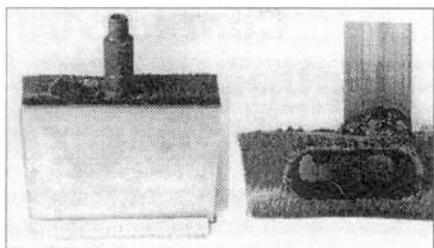


Рис. 3. Контактно-дуговое сверление

метр реза. Приблизительно 96% продуктов реза опускается на дно в виде осадков, 3,5% частиц остается в воде в виде взвеси, вызывая ее помутнение. Если резка выполняется в резервуаре малого объема, то видимость процесса будет нарушена. Вода по завершению процесса должна быть очищена от взвеси. Оставшиеся 0,5% достигают поверхности воды и образуют аэрозоли.

До настоящего времени КДР применяли только в целях демонтажа, например при разборке конструкций ядерных реакторов. Один из примеров — резка теплоизоляционного экрана на Нововоронежской АЭС (реактор типа ВВЭР-210). Общая длина реза составила 50 м, а толщина колебалась от 30 до 60 мм. Другой пример — опыты по резке деталей реактора RAPSODIE (Кадераш, Франция). Пластинчатым графитовым электродом разрезали сегменты канала высокого давления из высоколегированной стали при наибольшей толщине стенки 130 мм, а также участки накладок и стяжек с распорными втулками диаметром 110 мм.

Применение КДР преимущественно при демонтаже металлоконструкций объясняется низким качеством реза. Поверхность реза получается грубой, и материал после разделки невозможно использовать для дальнейшего производства без дополнительной

обработки кромок. В зависимости от параметров резки шероховатость поверхности составляет $R_z = 270 \dots 1400$ мкм, для сравнения, при газопламенной резке $R_z \leq 160$ мкм, лазерной — $R_z \leq 140$ мкм.

Не удалось установить прямой зависимости шероховатости реза от какого-либо параметра процесса КДР, т. е. напряжения холостого хода, скорости реза, материала электрода или расхода промывающей воды. Изменение высоты слоя воды над местом резки также не повлияло на качество реза.

Для успешного развития и широкого внедрения в практику КДР должны быть решены следующие технические проблемы:

- Минимизация выделения частиц при резке: оптимизация параметров режима, уменьшение ширины реза за счет применения возможно более тонких электродов, отсос взвеси непосредственно вблизи места резки — все это позволит уменьшить загрязнение воды и обеспечить визуальный контроль места резки.
- Разработка новых материалов для режущего электрода, которые могли бы обеспечить высокую скорость резки и низкий износ рабочего инструмента.
- Автоматическое регулирование скорости резки в зависимости от реального сечения разрезаемой детали. ■

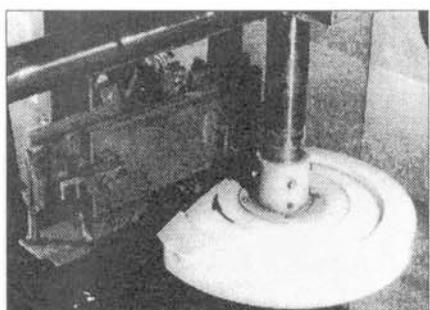


Рис. 4. КДР с помощью вращающегося диска

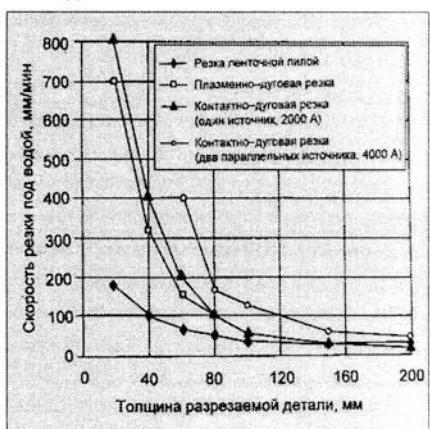


Рис. 5. Сравнение максимальной скорости резки различными способами под водой (материал — нержавеющая сталь, глубина 0,5 м

Внимание! Уникальная возможность для Вашего предприятия существенно сэкономить рекламный бюджет.

С 1 декабря 1999 г. по телефону **(044) 227-6502** с 10.00 до 12.00 (кроме сб. и вс.) предлагаются бесплатные консультации по рекламе (разработка, планирование, создание, размещение и пр.). На Ваши вопросы ответят специалисты ведущих рекламных агентств Киева.

Мы поможем разработать и изготовить рекламные материалы на высоком профессиональном уровне с минимальными затратами, подготовиться к выставке или презентации, спланировать высокоеффективные рекламные кампании, провести маркетинговые исследования и выполнить их анализ.

Отдел рекламы журнала «Сварщик»

Тарифы на размещение рекламы в журнале «Сварщик»

для организаций-резидентов Украины (в гривнях с учетом НДС и ННР)

Площадь	Внутри	2 и 3 стр. обложки		4 стр. обложки	
		ч/б	цветная	ч/б	цветная
1 полоса	810	1080	1440	1620	2160
1/2 пол.	480	630	810	—	—
1/3 пол.	360	—	—	—	—
1/4 пол.	270	360	450	—	—
1/6 пол.	210	—	—	—	—
1/8 пол.	162	—	—	—	—

для организаций-нерезидентов Украины (в USD, возможна оплата в национальной валюте по официальному курсу)

Площадь	Внутри	2 и 3 стр. обложки		4 стр. обложки	
		ч/б	цветная	ч/б	цветная
1 полоса	360	480	720	720	1080
1/2 пол.	210	270	405	—	—
1/3 пол.	162	—	—	—	—
1/4 пол.	120	150	225	—	—
1/6 пол.	96	—	—	—	—
1/8 пол.	70	—	—	—	—

Статья на правах рекламы — **50%** стоимости рекламной площади

Новые средства индивидуальной защиты органов дыхания сварщиков

О. Г. Левченко, В. А. Метлицкий, кандидаты техн. наук, ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины

По принципу действия средства индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД) делят на две группы: фильтрующие (респираторы и противогазы), при использовании которых вдыхаемый человеком воздух очищается от вредных примесей с помощью фильтров или сорбентов, и изолирующие (шланговые и автономные дыхательные аппараты), способствующие изолированию органов дыхания человека от вредного воздействия окружающей среды. Очищенный воздух для дыхания в СИЗОД второй группы поступает в подмасочное пространство (зону дыхания) с помощью воздуходувок, вентиляторов или систем сжатого воздуха после его предварительной очистки. К шланговым и автономным СИЗОД относится также маска сварщика с системой очистки и подачи воздуха в зону дыхания.

Основное требование к фильтрующим СИЗОД — обеспечение в течение всего времени их эксплуатации очистки вдыхаемого воздуха от вредных веществ до концентраций, не превышающих предельно допустимые. Сопротивление дыханию является важнейшей аэродинамической характеристикой респираторов и их конструктивных элементов. Оно определяется перепадом давления до и после фильтрующего материала, находящегося в потоке воздуха. В качестве физиолого-гигиенической характеристики сопротивление дыханию представляет собой переменную величину, связанную с легочной вентиляцией, структурой дыхательного цикла, тяжестью выполняемой работы, а также с влиянием на дыхание состояния окружающей среды и конструктивных особенностей респираторов. Хороший респиратор должен эффективно защищать органы дыхания и не затруднять дыхание. В этом отношении значительные преимущества имеет маска сварщика с системой очистки и принудительной подачей воздуха в зону дыхания.

Шланговые и автономные изолирующие защитные маски имеют ряд преимуществ перед СИЗОД фильтрующего типа. Воздух подается в лицевую часть маски в количестве, обеспечивающем избыточное постоянное давление, что исключает подсос в зону дыхания воздуха, загрязненного токсическими веществами. При этом лицо работающего омывается струей чистого воздуха, что при высоких температурах обеспечивает требуемые микроклиматические условия. В отличие от респираторов в подмасочном пространстве отсутствует сопротивление дыханию, а содержание углекислого газа во вдыхаемом воздухе невелико. Подача свежего воздуха предупреждает запотевание стекол маски. Период действия этих средств защиты ничем не ограничивается, кроме физиологических возможностей работающих в них.

Составными частями таких устройств являются защитная маска сварщика, фильтрующий элемент, побудитель подачи воздуха и соединительный шланг.

По способу подачи воздуха в подмасочное пространство различают следующие системы:

- стационарные для очистки и подачи воздуха;
- портативные с вентилятором и фильтром, устанавливаемые на поясе сварщика или на маске;
- централизованные, с подачей и очисткой воздуха от сети сжатого воздуха.

Маска должна иметь светофильтр, защищающий глаза от излучения сварочной дуги; причем в ее конструкции предусматривают возможность наблюдения за подготовительными операциями при выполнении сварки без подъема маски. В зависимости от этого разработаны маски: со светофильтром на жидкых кристаллах с управляемой переменной оптической плотностью (автоматическое затемнение); со светофильтром на основе поликарбонатов с переменной оптической плотностью; с откидывающимся свето-

фильтром постоянной оптической плотности.

Наиболее эффективными и удобными в эксплуатации являются маски со светофильтром на жидких кристаллах с автономной системой очистки и подачи воздуха в зону дыхания. Общеизвестны маски «Speedglas Fresh Air» фирмы «Hornell Speedglas Inc.» (США), «Airstream» фирмы «Racal» (Великобритания), «Fresh Air Unit» фирмы «Nederman» (Швеция) и др., обеспечивающие надежную защиту глаз, лица и органов дыхания сварщика. Принцип действия применяемого в таких масках светофильтра основан на изменении его коэффициента пропускания (прозрачности фильтра) при зажигании сварочной дуги.

Как правило, в зарубежных защитных масках сварщика с притоком чистого воздуха для защиты глаз от излучений используют светофильтры с автоматическим затемнением (с переменной оптической плотностью), что обеспечивает непрерывное наблюдение за рабочей зоной до и после начала сварки при зажигании дуги и после ее погасания без подъема и опускания маски. Для маски с принудительной подачей воздуха это позволяет повысить ее герметичность за счет подпора очищенного воздуха и тем самым обеспечить надежную защиту органов дыхания благодаря изоляции от окружающей среды.

В ИЭС им. Е. О. Патона совместно с СКТБ ФХИ им. А. В. Богатского НАН Украины разработаны принципиально новые портативные системы очистки и подачи воздуха в зону дыхания, получившая название «пояс-фильтр» — марки «Шмель-50» и «Шмель-40» (без защитной маски).

В качестве маски в системе «Шмель-50» (рис. 1) использован модифицированный щиток с подвижным светофильтром, разработанный В. Т. Дзюбенко. Щиток изготовлен из термостойкой пластмассы и снабжен съемным блоком с подвижным светофильт-

ром постоянной оптической плотности увеличенных размеров, что улучшает обзор. Механизм открывания и закрывания смотрового окна, в котором перемещается светофильтр, имеет плечевой рычаг и срабатывает при повороте головы. Для повышения коэффициента защиты органов дыхания маска снабжена герметизирующим кожухом (воздушный подпор) из термостойкой ткани, который удерживает под маской чистый воздух с небольшим избыточным давлением и препятствует проникновению под нее сварочного аэрозоля (СА). Подвод воздуха к маске осуществляется через патрубок, закрепляемый с помощью шарнирного вращающегося устройства, на боковой стенке маски.

Система очистки и подачи воздуха под маску выполнена в виде блока, который закрепляется на пояссе. Блок включает в себя центробежный вентилятор, электродвигатель, электронный блок управления с зарядным устройством, аккумуляторную батарею, фильтр и кожух.

Центробежный вентилятор выполнен в виде крыльчатки полуоткрытого типа диаметром 50 мм, которая закреплена на валу электродвигателя ДПМ-25 и установлена в улитке корпуса системы. Электронный блок управления с зарядным устройством состоит из преобразователя напряжения и устройства, предохраняющего аккумуляторную батарею от перезарядки и глубокого разряжения. При достижении напряжения на клеммах аккумуляторной батареи 12 В последняя автоматически отключается от электронного блока. Зарядное устройство — емкостный преобразователь напряжения 220/12 В с электронным предохранителем, включающим транзистор, стабилитрон и плавкий резистор. На верхней крышке корпуса турбоблока смонтированы регулятор количества подаваемого воздуха и индикаторы, сигнализирующие о нормальной работе системы питания. Аккумуляторная батарея состоит из 12 последовательно соединенных никель-герметичных водородных элементов, изготовленных согласно ТУУ 88.05378295-96. Отдельные гальванические элементы батареи размещены в каналах корпуса турбоблока. Для подключения аккумуляторной батареи к сети 220 В при ее подзарядке на верхней крышке под кожухом находится специальный шнур с вилкой.

Сменный фильтрующий элемент представляет собой емкость в виде рукава из фильтрующего материала, формируемой с

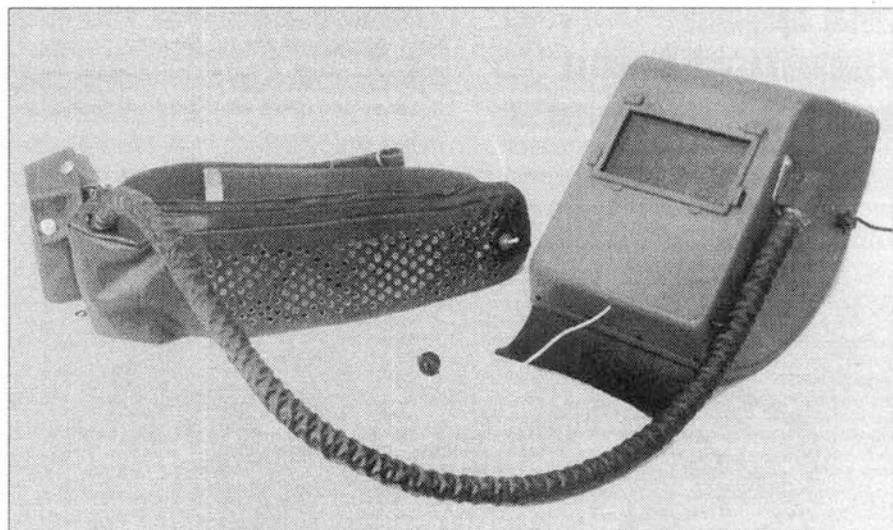


Рис. 1. Защитная маска сварщика с портативной системой очистки и подачи воздуха в зону дыхания («Шмель-50»)

помощью специальной пружины. Для увеличения площади поверхности фильтрации фильтрующий элемент имеет большое количество складок.

Фильтрующий элемент системы состоит из двух ступеней: первая — из ткани ФПП 15-1,5 или трехслойного фильтрующего материала из полипропилена НФП-50-0,6А (ТУУ 13486464-003-96) для улавливания твердых частиц СА, вторая — из сорбционно-фильтрующего материала для очистки воздуха от вредных газов. Площадь фильтрующей поверхности данного элемента примерно в 25 раз больше, чем зарубежных аналогов, что значительно увеличивает срок его службы. В зависимости от требований заказчика предусмотрено изготовление двух типов фильтров различной емкости: рукавного и сильфонообразного.

Кожух системы изготовлен из плотного дерматинового материала и защищает фильтр от механических повреждений. В лямки кожуха продевается поясной ремень.

Для замены отработанного фильтра, проведения обслуживания вентилятора и аккумуляторной батареи (ее зарядки) кожух снабжен замком типа «молния», с помощью которого он легко разъединяется на две половины.

Устройство работает следующим образом. После закрепления фильтра на пружине корпуса системы, а шланга — на нагнетательном патрубке вентилятора кожух соединяется «молнией» в одно целое. Систему с помощью ремня крепят на пояссе. Проверив регулятором работу вентилятора, надевают маску и включают вентилятор. Загрязненный

воздух, проходя через отверстия в кожухе, очищается фильтром и через воздуховод подается под маску.

Подготовка устройства к работе сводится к регулярной подзарядке аккумуляторной батареи. Для этого после окончания каждой рабочей смены необходимо вытащить из кожуха шнур с вилкой, установить переключатель на панели кожуха турбоблока в положение «выкл.» и вставить вилку в розетку от сети 220 В. Загорание зеленого индикатора на крышке корпуса турбоблока свидетельствует о нормальной работе зарядного устройства и, следовательно, о начавшемся процессе подзарядки батареи. По прошествии 10 часов шнур вытаскивают из розетки и прячут в кожух. Устройство готово к работе.

Проведены сравнительные производственные испытания защитной эффективности маски с поясом-фильтром при ручной дуговой сварке покрытыми электродами марки АНО-24 диаметром 4 мм на токе 180-200 А. В результате установлено, что при применении обычного защитного лицевого щитка типа НН-С-705 У1 (ГОСТ 12.4.035-78) средняя концентрация СА под щитком составляла 0,472 мг/м³, при использовании предлагаемой маски она снизилась до 0,022 мг/м³, т. е. более, чем в 21 раз. Таким образом, коэффициент защитной эффективности маски с системой очистки и подачи воздуха в зону дыхания составлял 95,3 %.

Маска с поясом-фильтром внедрена на предприятиях АСК «Укрречфлот», ее используют при выполнении ремонтных сварочных работ в трюмах судов и барж.

Новые средства индивидуальной защиты органов дыхания сварщиков

На основе пояса-фильтра разработана еще одна модификация системы очистки и подачи воздуха с дыхательной полумаской «Шмель-40» (рис. 2). Такая система позволяет наиболее эффективно защищать органы дыхания, а также применять защитные щитки или маски различных конструкций без специального их подключения к системе очистки и подачи воздуха. В отличие от

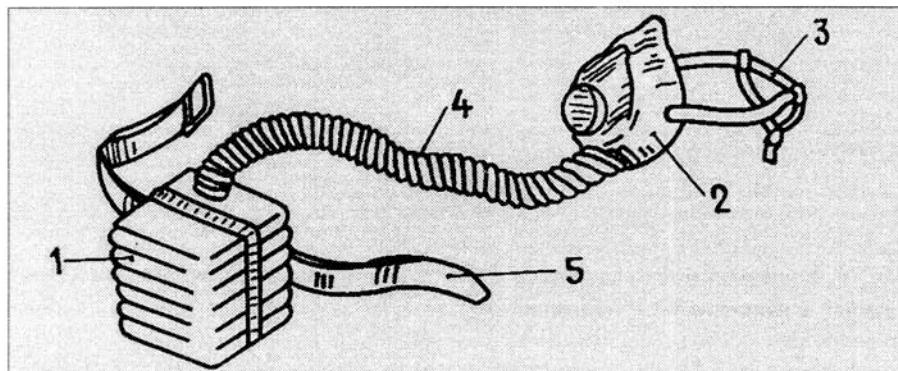


Рис. 2. Устройство очистки и подачи воздуха в зону дыхания с полумаской («Шмель-40»)

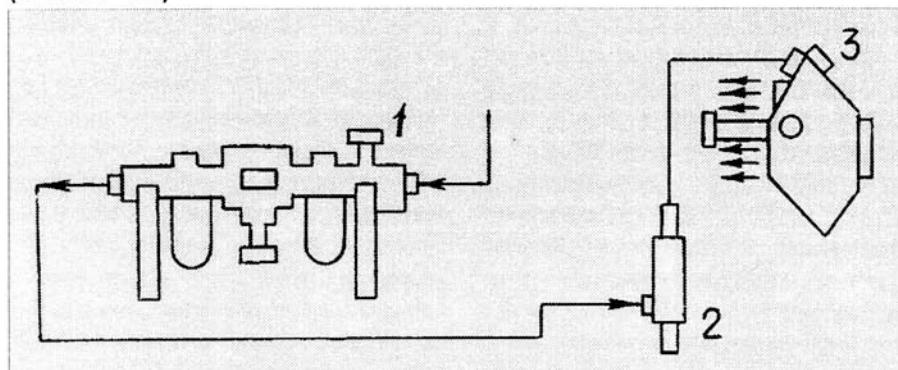


Рис. 3. Система кондиционирования маски сварщика КС

Таблица. Основные технические характеристики СИЗОД с принудительной подачей воздуха в зону дыхания сварщика

Показатель	«Шмель-50»	«Шмель-40»	Система кондиционирования маски сварщика КС
Производительность подачи воздуха в зону дыхания, л/мин	50	15, 25, 40	60–150
Давление на выходе из системы подачи воздуха, Па	100	100	300–700
Коэффициент защитной эффективности СИЗОД, %	95,3	99,5	99,9
Мощность электродвигателя, Вт	20	2,5	—
Напряжение аккумулятора, В	12	12	—
Продолжительность непрерывной работы до разрядки аккумулятора, ч	8	8,5	—
Продолжительность зарядки аккумулятора, ч	10	10	—
Масса СИЗОД (без маски), кг	1,6	1,2	4,4 (вихр. трубка-0,125)

ранее предложенной защитной маски сварщика с поясом-фильтром, в новой системе очищенный воздух подается по воздуховоду, соединенному не со щитком сварщика, а с резиновой полумаской. Это обеспечивает полное изолирование органов дыхания от загрязненного аэрозолем воздуха при минимальной его подаче (30–40 л/мин). Кроме того, данную систему можно использовать в комплекте с защитным щитком любой марки, который не приспособлен для подключения к поясу-фильтру.

Устройство имеет систему очистки и подачи воздуха (турбоблок), резиновую полумаску с клапаном выдоха и оголовьем, соединительный воздуховод и поясной ремень.

Турбоблок состоит из корпуса, центробежного вентилятора, электродвигателя, электронного блока управления с зарядным устройством, аккумуляторной батареи, фильтра и кожуха. Конструкция фильтрующего элемента аналогична конструкции пояса-фильтра «Шмель-50».

В качестве полумаски, куда подается очищенный воздух, используют стандартную резиновую полумаску ПР7. Клапан выдоха можно крепить как в нижней части, так и в центре. В первом случае подача очищенного воздуха осуществляется через специальное устройство, позволяющее шлангу-воздуховоду свободно вращаться вокруг клапана выдоха, не стесняя движений сварщика. Избыточное давление подаваемого воздуха позволяет работать без плотного прилегания обтюрационной части полумаски к лицу, что повышает комфорт.

В качестве воздуховода используют гибкий резиновый гофрированный шланг диаметром до 30 мм от обычного противогаза.

Подготовка устройства к работе сводится к регулярной подзарядке аккумуляторной батареи аналогично системе «Шмель-50».

При работе в условиях с нормальными (допустимыми) параметрами микроклимата воздуха рабочей зоны, регламентируемыми требованиями ГОСТ 12.1.005, указанные СИЗОД практически удовлетворяют предъявляемым требованиям. Однако при сварке в условиях повышенных или пониженных температур, что нередко для сварочного производства, эффективность существующих СИЗОД недостаточна, так как ни одно из них не предусматривает регулирование температуры воздуха в зоне дыхания сварщика.

Этого недостатка можно избежать, применяя систему КС, которая обеспечивает

очистку и подачу под маску сварщика воздушного потока с заданной температурой от внешнего источника, не связанного с атмосферой, где производится сварка. Система разработана специалистами Харьковского авиационного института и АО «Ремез» (Севастополь). Новая система кондиционирования маски сварщика (рис. 3) содержит обычные применяемые элементы: саму маску с воздухораспределительным блоком, блок редукции, фильтры-маслоотделители, осушительный патрон с активированным углем и многослойные фильтры из ткани ФПП-Д для очистки воздуха от аэрозолей, а также специальное устройство кондиционирования воздуха в виде вихревой трубы, закрепленной на поясе сварщика.

Сжатый воздух от промышленной сети или индивидуального компрессора очищается в фильтре грубой и тонкой очистки производства завода «Пневматика» (Симферополь). Степень очистки составляет 99,9%. Редукционный пневмоклапан обеспечивает поддержание постоянного давления в системе

потребителя. Реле давления отключает потребителя при падении давления воздуха ниже допустимого. Очищенный воздух подается в вихревую трубу по коммутационным соединениям. В вихревой трубе воздух вращается и разделяется на охлажденную и нагретые части по разные стороны трубы. Температуру и расход воздуха регулируют дроссельным вентилем. Диапазон регулирования температуры воздуха составляет $\pm 12^{\circ}\text{C}$.

Подготовленный воздух поступает в воздухораспределительный блок, смонтированный в маске сварщика. Мaska, разработанная специально для работы с системой кондиционирования, имеет глубокийхват головы для исключения проникновения вредных примесей из атмосферы. Блок подвижного светофильтра имеет внутреннее оргстекло, защищающее от поступления СА в органы дыхания и от попадания окалины или шлака в глаза. Подвижный светофильтр позволяет выполнять подготовительные операции перед сваркой и после нее без поднимания маски. Мaska имеет сертификат, выданный НТЦ «СепроЗ».

Предлагаемая система подачи воздуха под маску с кондиционированием особенно полезна при работе в замкнутых объемах, а также при повышенных или пониженных температурах окружающего воздуха.

Контроль состояния воздуха в зоне дыхания сварщика (под маской) показал, что новая система подготовки воздуха значительно улучшает условия труда сварщиков. Так, при ручной дуговой сварке электродами АНО-4 содержание СА под маской составляет $1\text{--}2 \text{ mg/m}^3$, в то время как вне маски его концентрация достигает 39 mg/m^3 . Содержание соединений марганца, монооксида углерода и диоксида азота под маской ниже предельно допустимых концентраций.

Серийное производство системы кондиционирования воздуха для маски сварщика налажено на Севастопольском ремонтно-механическом заводе (ЗАО «РЕМЕЗ»).

Основные технические характеристики рассмотренных СИЗОД приведены в таблице. ■

VANT

Фирма **VANT** — член Ассоциации «Электрод» — производит и поставляет технологическое оборудование, а также выполняет полный комплекс работ по созданию производств покрытых металлических электродов для сварки и наплавки углеродистых, низколегированных, высоколегированных сталей, чугуна и цветных металлов.

Многолетний положительный опыт эксплуатации наших технологических комплексов в Украине, странах СНГ и Ближнего Востока позволяет рекомендовать их для технического перевооружения действующих производств и для создания новых с высокими производственными и коммерческими характеристиками.

ХАРАКТЕРИСТИКИ КОМПЛЕКСА

Производительность
(при 240...290 восьмичасовых
сменах), т/год
Диаметр изготавливаемых
электродов, мм
Установленная мощность, кВт
Обслуживающий персонал, чел
Производственная площадь, м²,
не менее

580...690

2,5..6

60

6

200

СОСТАВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

- Мельница шаровая
- Правильно-отрезной автомат
- Интенсивный противоточный смеситель
- Электрообмазочный агрегат
- Очистная машина
 - Печь для сушки и прокалки электродов (с рециркуляцией воздуха)
- Маркировочно-дозировочная машина
- Рамки для укладки электродов
- Бункеры для шихтовых материалов
- Приспособления контроля технологического процесса

Гарантийные обязательства — 12 месяцев

Сроки поставки (отгрузки) — 12...18 дней

Продолжительность монтажа и пусконаладки — 5...10 дней

Фирма **VANT**
г. Киев, ул. Деревообрабатывающая, 4
Тел./факс: (044) 295-9191, 294-7169