

# Сварка в турбостроении Украины

**Н. П. Воличенко**, главный сварщик ОАО «Турбоатом», **Э. К. Цебренко**, нач. бюро сварки ОАО «Турбоатом» (Харьков)

**О**АО «Турбоатом» входит в число ведущих мировых производителей энергетического оборудования.

Харьковскими турбинами оснащены практически все атомные электростанции стран СНГ и ряд АЭС дальнего зарубежья. Нашиими заказчиками являются более 35 стран Европы, Латинской Америки, Африки, Азии.

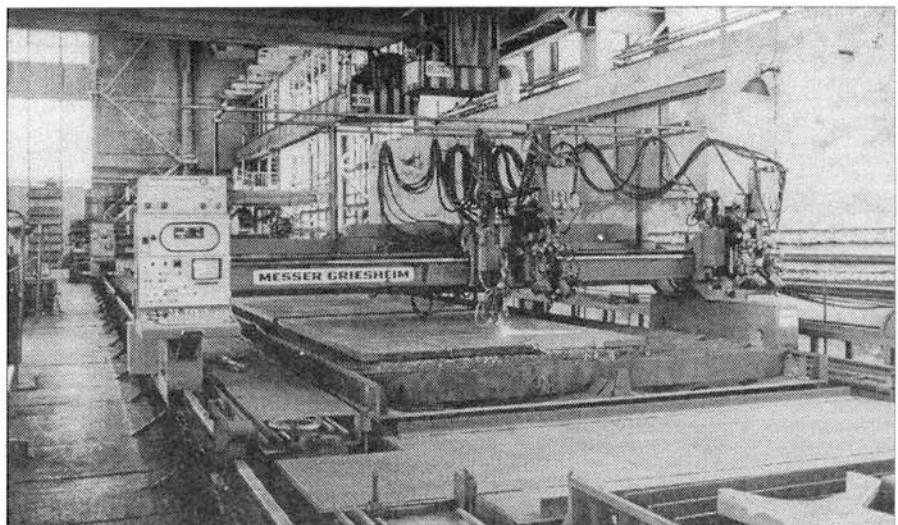
ОАО «Турбоатом» имеет научно-исследовательскую, проектно-конструкторскую и технологическую базу, уникальные производственные корпуса, высокопроизводительное оборудование, средства механизации и автоматизации, что позволяет производить турбины на уровне лучших мировых образцов и успешно конкурировать с ведущими фирмами мира («Сименс», «Альстон-Атлантик», «Мицубиси» и др.).

Начав с небольшого участка в конце 30-х годов, современное сварочное производство стало ведущим технологическим на ОАО «Турбоатом» с мощностью производства 30 тыс. т сварных конструкций в год. Развитие сварочного производства в ОАО «Турбоатом» происходило одновременно с общим развитием турбостроительного производства.

С одной стороны, с появлением новых сварочных процессов расширились возможности при создании новых турбин с высокими эксплуатационными показателями, с другой, необходимость создания турбин большей мощности ставила перед сварочным производством неординарные задачи, что давало новый толчок к развитию сварочного производства.

Доля сварных конструкций в турбинной установке достигает 70–90%. Современное сварочное производство располагает всем необходимым комплексом оборудования для изготовления сварных конструкций энергетического оборудования.

Резку листовых заготовок производят на механизированной линии, оснащенной газорезательными машинами с ЧПУ фирмы «Мессер Грисхайм» (рис. 1). Резку проката из высоколегированных сталей осуществляют на плазморежущих машинах с ЧПУ для резки под водой фирмы «Мессер Грисхайм», машинах типа ЮГ-2,5 ПЛ6 с фотоследящей системой, установках «Киев-4» для ручной воздушно-плазменной резки. Гибку труб диамет-



**Рис. 1. Комплексно-механизированная линия газовой резки листового металлопроката**  
тром до 325 мм производят на трубогибочном станке с нагревом токами высокой частоты.

Заготовительное производство располагает полным технологическим набором листогибочного оборудования: трех- и четырехвалковые машины с электрическим и электрогидравлическим приводом, позволяющие производить гибку цилиндрических и конических обечайек диаметром от 100 мм при толщине листа 4 мм до обечайек из листа 80 мм при ширине 5000 мм практически неограниченного диаметра. На трех мощных листоправильных машинах производят правку листового проката и заготовок толщиной до 40 мм. Гидравлические прессы усилием 750 и 600 т позволяют выполнять правку заготовок и сварных конструкций, штамповку заготовок сложного профиля, подгибку концов обечайек под валцовку. В составе заготовительного производства имеются участки механической обработки деталей под сварку, когда она необходима по технологическому процессу.

Сварочное производство располагает мощным парком сварочного оборудования: порядка 250 единиц для полуавтоматической сварки в среде активных газов, 120 источников питания для ручной дуговой сварки, 16 сварочных автоматов для сварки под слоем флюса и аргонодуговой сварки.

ОАО «Турбоатом» является единственным предприятием в СНГ, на котором для

паровых и газовых турбин изготавливают роторы в сварном исполнении (рис. 2).

Роторы высокого и среднего давления паровых турбин всегда изготавливали в цельнокованном исполнении. Более крупные роторы, массой свыше 30 т, применяемые в цилиндрах турбин низкого давления, выполнить цельнокованными невозможно из-за больших размеров и массы. Ранее их изготавливали путем насадки отдельных дисков на тонкие и длинные валы. Такая конструкция имеет ряд недостатков. Изготовление цельнокованых роторов больших габаритных размеров ограничено возможностями металлургии получить крупные высококачественные слитки из легированных сталей массой 200 т и более, а также сложностью получения в поковке при диаметре 1600–1800 мм и более примерно одинаковых механических свойств по сечению.

Применение сварки, несмотря на значительные трудности, связанные с изготовлением сложных и ответственных конструкций, имеет ряд весьма существенных преимуществ перед другими способами. Так как сварную конструкцию ротора выполняют из отдельных сравнительно небольших поковок, исключаются трудности, связанные с выплавкой крупных слитков, ковкой, термообработкой и контролем их качества. Сварные роторы более жесткие, чем роторы с насадками дисками. Для изготовления свар-

ных роторов была разработана специальная технология и специальные электроды ЦЛ-30. Первые сварные роторы были выполнены для турбин ПВК-150 в 1975 г. После положительных результатов эксплуатации сварных роторов турбин мощностью 150 МВт сварные роторы стали применять в турбинах мощностью 220, 500, 750 и 1000 МВт.

За более чем сорокалетний период завод приобрел большой опыт сварки роторов. И ныне роторы низкого давления всех размеров турбин изготавливают с применением сварки.

В 1967 г. на заводе была внедрена автоматическая сварка роторов под слоем флюса с применением сварочных автоматов с программным управлением, что сократило цикл сварки с 30 до 5 суток.

Ныне действующий технологический процесс сварки оснащен уникальными сборочно-сварочными стендами, на которых можно выполнять операции сборки, нагрева и сварки роторов паровых турбин. Эти стены позволяют производить сварку роторов из отдельных заготовок в «узкую разделку» шириной 24 мм и глубиной более 200 мм при общей массе сваренных роторов от 30 до 200 т. Установки снабжены мощной системой электронагрева роторов в процессе сварки и гидравлической системой для их сборки из отдельных элементов, системой контроля и записи параметров режима сварки.

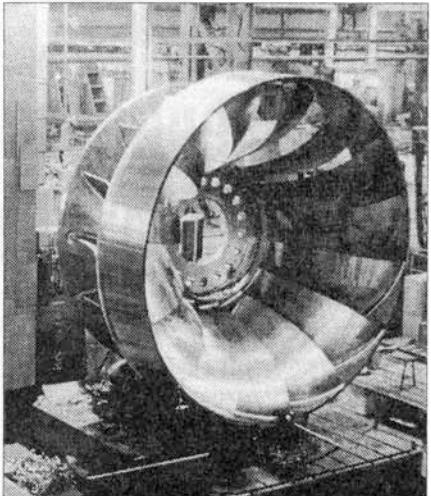
На стенах сварки роторов можно выполнять также сварку и наплавку цилиндрических изделий типа валов, барабанов массой до 200 т при глубине разделки до 500 мм.

На ОАО «Турбоатом» была решена проблема изготовления сварно-литых рабочих

колес радиально-осевых гидротурбин (рис. 3). С ростом мощности гидротурбин в одном агрегате выросли габариты и масса рабочих колес. Изготовить их методом литья уже было невозможно. Решить эту сложную техническую задачу удалось только с применением сварки. Рабочее колесо представляет собой крупногабаритную конструкцию большой массы из нержавеющей кавитационно-стойкой стали со сварными швами, произвольно расположеннымми в пространстве, глубокими разделками под сварку. Детали рабочего колеса по своей массе очень отличаются друг от друга, если ступица и обод большие по массе, то лопасти значительно легче и тоньше. В целом рабочее колесо, несмотря на значительную массу, представляет собой «ажурную» конструкцию, которая очень подвержена деформациям в процессе сварки. В связи с этим выбор схемы сборки, метода сварки, способа нагрева под сварку играет решающую роль. Кроме того, перед сборкой лопасти подвергают окончательной механической обработке, а ступицу и обод окончательно обрабатывают со стороны внутренних поверхностей. Наружные поверхности обрабатывают с небольшим припуском.

Для сборки рабочих колес разработаны специальная схема и стенд. Основанием сборочного стендад является пассивная жесткая механически обработанная плита, на которой закрепляют стойки и оснастку для фиксации лопастей и контроля сборки. Подогрев под сварку электрический и газовый. Для электрического нагрева разработана специальная электронагревательная установка на базе трех мощных трансформаторов, электроагревателей, системы токоподвода, системы пиromетрического контроля. Газовый подогрев применяют для сравнительно небольших рабочих колес. Можно использовать газовый подогрев и как вспомогательный (или резервный) при электроподогреве.

Первостепенное значение при изготовлении сварных рабочих колес имеет выбор метода сварки и сварочных материалов. От этого в первую очередь зависит качество сварки и деформация рабочего колеса в процессе сварки. Основным методом является ручная дуговая сварка покрытыми электродами. Определяется это, прежде всего маркой стали, применяемой для изготовления рабочего колеса (нержавеющая сталь 06Х12Н3ДЛ). Механизированная сварка в защитных газах пока представляется невозможной из-за отсутствия сварочной проволоки, которая обеспечи-

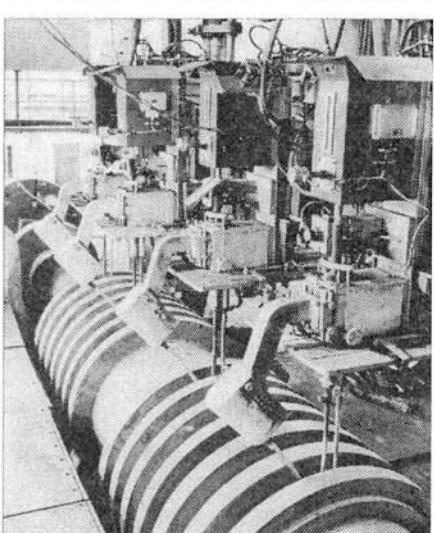


**Рис. 3. Сварно-литое рабочее колесо радиально-осевой гидротурбины большой мощности**

чила бы высокие физико-химические свойства металла сварного шва, а механизированная под флюсом — из-за расположения сварных швов в сложноориентированном пространстве и трудности удаления шлака из глубоких разделок. Поэтому пока применяют ручную сварку, которая обеспечивает требуемые свойства сварных швов, но более трудоемкая, дорогостоящая и требует высокого индивидуального мастерства сварщика.

Термическую обработку сварных конструкций производят в специальных электрических печах с выкатным подом, шахтных, щелевых мощностью от 900 до 3000 кВт. Максимальные внутренние габаритные размеры печи с выкатным подом 5300×400×12500 мм, шахтной печи — внутренний диаметр 10000 мм и глубина 6500 мм. Местную термическую обработку сварных соединений выполняют на установках типа «Селас» и «Элоптерм».

В настоящее время в ОАО «Турбоатом» ведутся работы по внедрению новейших технологий, направленных в первую очередь на повышение качества и надежности сварных конструкций энергетического оборудования. В 2000 г. намечено внедрение технологий электро-газотермического напыления ответственных деталей турбин с целью придания им особых поверхностных свойств, применение автоматической аргонодуговой сварки соединений типа «труба—трубная доска» для теплообменной аппаратуры на орбитальной установке «Полисуд», электронно-лучевой сварки деталей лопаточного аппарата, плазменной резки нержавеющих сталей больших толщин, автоматической наплавки антикоррозионных слоев деталей и узлов гидротурбинного оборудования. ■ #15



**Рис. 2. Роторы паровой турбины мощностью 500 МВт в сварном исполнении**

# Повышение работоспособности металлообрабатывающего инструмента

**Ю. Н. Тюрин, д-р техн. наук, О. В. Колисниченко, инж., ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины, Н. Г. Цыганков,**  
ОАО «Сталепрокатный завод» (Череповец)

Для упрочнения инструмента широко используют обработку поверхности пучками (лучами) энергии высокой плотности. Известно, что в процессе высокоэнергетического воздействия происходит быстрый нагрев (время нагрева  $10^{-3}$ – $10^{-6}$  с) поверхностного слоя с последующим интенсивным охлаждением его путем отвода теплоты как в объем металла, так и в окружающую

среду. Высокие скорости нагрева и охлаждения поверхностного слоя металла ( $10^4$ – $10^8$  К/с) способствуют формированию дисперсной структуры с высокими плотностью дислокаций и концентрацией легирующих элементов.

Термическое воздействие совмещают с процессами легирования поверхности изделия путем плавления предварительно нанесенного покрытия или обработкой плазмой, которая содержит легирующие добавки: азот, углерод и металлы. Известно, что наиболее эффективно импульсное воздействие на поверхность изделия. Это обусловлено более высокими скоростями нагрева и охлаждения, упругопластической деформацией поверхности и, как следствие, интенсификацией практически всех известных механизмов диффузии.

В ИЭС им. Е. О. Патона разработана импульсно-плазменная технология упрочняющей обработки инструмента. Эта технология включает следующие методы воздействия на поверхность изделия:

- упругопластическое деформирование;
- воздействие звуком и импульсным магнитным полем;
- тепловую и электроимпульсную обработку;
- деформирование металлов и сплавов в процессе обратимых ( $\alpha \leftrightarrow \gamma$ ) превращений.

Для осуществления технологии разработан плазматрон (рис. 1), который состоит из детонационной камеры 1, центрального электрода-анода 2, конического электрода-катода 3, расходуемого электрода 4, межэлектродного зазора 8, источника питания электрическим током 9.

В детонационную камеру 1 подают компоненты горючей газовой смеси. После их смешивания осуществляют инициирование детонации смеси. Затем продукты сгорания поступают из детонационной камеры 1 в межэлектродный зазор 8 и замыкают электрическую цепь источника 9. Образуется электропроводный слой 7 продуктов сгорания. Газовый слой

под влиянием газодинамической и электромагнитной сил ускоряется. По оси центрального электрода 2 закреплен электрод — металлический расходуемый стержень 4, конец которого при нагреве испаряется и обеспечивает ввод в плазменную струю легирующих элементов. При выбросе импульсной плазменной струи 6 из плазматрона она замыкает электрическую цепь между электродом (анодом) и поверхностью изделия (катодом 5). В результате прохождения по этой струе электрического тока образуется импульсное магнитное поле; плазма нагревается также и за счет Джоулева тепловыделения. При длине межэлектродного зазора  $L=200$  мм и напряженности электрического поля 400–500 кВ/м плазменная струя может иметь температуру 20 000 К, а скорость — 6 км/с.

Обработка поверхности изделия импульсной плазмой в первый момент сопровождается упруго-деформационным взаимодействием с ударной волной и импульсной струей плазмы, затем поверхность подвергается воздействию электрического тока. Амплитудное значение тока 5 кА. В результате образуется импульсное магнитное поле напряженностью до 2000 Э. В дальнейшем, в течение 3–5 мс, на поверхность натекают продукты сгорания и эрозии электродов, которые содержат легирующие элементы.

В результате импульсно-плазменной обработки на поверхности изделий из сплава на основе железа формируется микрокристаллический легированный слой. Состав этого слоя зависит от количества легирующих элементов в плазме и количества импульсов обработки. Упрочненный слой имеет большую толщину и равномерность после многократной (более 5 импульсов) импульсно-плазменной обработки.

Наибольшая твердость упрочненного слоя была достигнута при использовании электродов из вольфрама и молибдена (рис. 2) (образцы из стали, прошедшие закалку и отпуск). Обработку осуществляли без плавле-

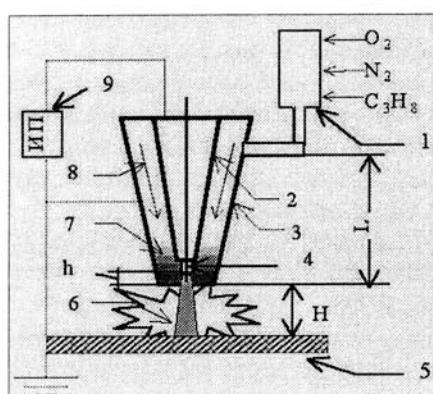


Рис. 1. Схема плазматрона для импульсно-плазменной обработки

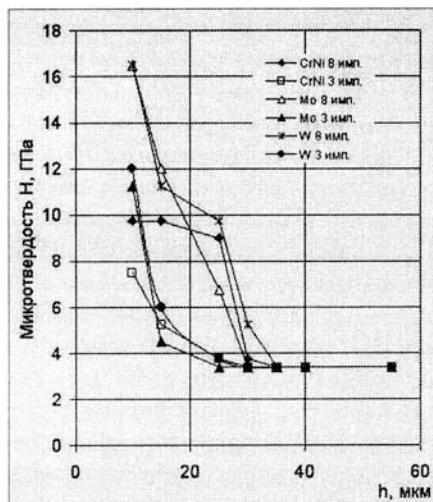
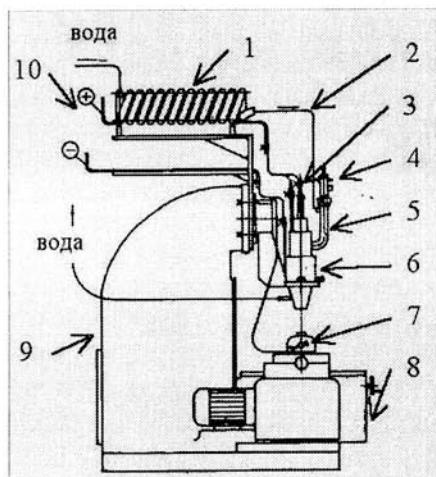


Рис. 2. Распределение микротвердости в упрочненном слое образца из стали (0,8% С) после импульсно-плазменной обработки



**Рис. 3. Схема импульсно-плазменной установки**

ния поверхности, удельная мощность струи составляла  $10^6 \text{ Вт}/\text{см}^2$ . Микротвердость измеряли на поперечных шлифах при помощи твердомера ПМТ-3. Для измерений использовали алмазную пирамидку Кнупа. Нагрузка на пирамидку составляла 0,1 Н. Рентгенофазовый анализ слоев, упрочненных импульсной плазмой, фиксирует уширение линий  $\alpha$ -Fe и появление линий остаточного аустенита Fe. Увеличение числа импульсов влечет за собой дальнейшее уширение линий  $\alpha$ -Fe при уменьшении их интенсивности, а также увеличение относительной интенсивности линий  $\gamma$ -Fe. Количество аустенита при одном и том же режиме обработки наибольшее в случае использования электрода из вольфрама. Рентгеноспектральное исследование показало, что материал расходуемого электрода проникает в упрочненный слой изделия. Так, при использовании расходуемого электрода из вольфрама он обнаружен в упрочненном слое на глубине до 20 мкм.

Известно, что высокие эксплуатационные свойства сплавов, применяемых для изготовления инструмента, обеспечиваются за счет легирования их вольфрамом, молибденом и ванадием. Например, штампы для горячего деформирования деталей машин изготавливают из сплавов, которые содержат 2–6% W (типа 4ХНВ, 4Х5В2ФС); 6–9% W (типа 3Х2В8Ф), а также 12–18% W. Элементом, эффективно повышающим свойства сплавов, является молибден. Молибден улучшает вязкость, не снижая теплостойкости, повышает разгаростойкость. Молибденовые сплавы (5–6% Mo) очень чувствительны к обезуглероживанию, поэтому, осуществляя поверхностное легирование сплавов, нарав-

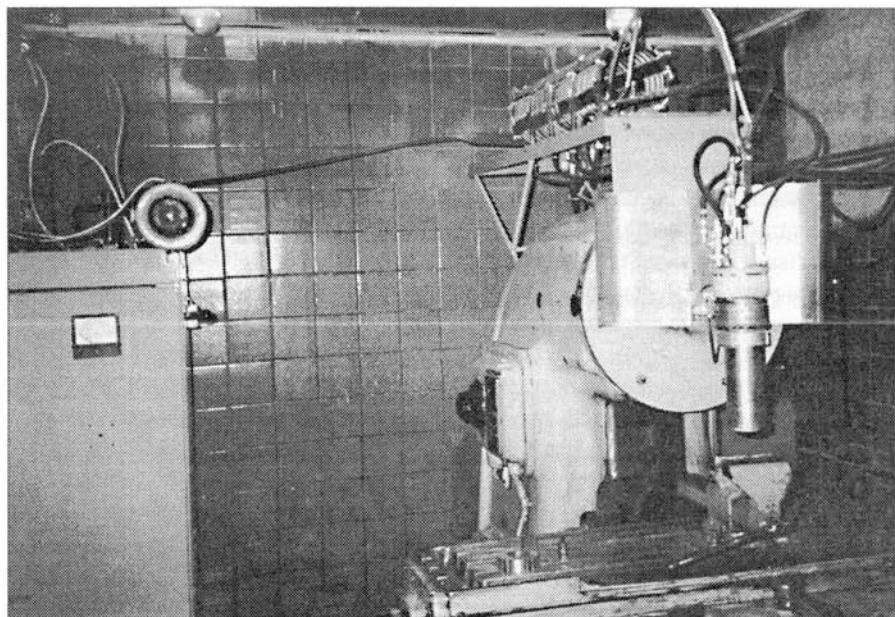
не с использованием расходуемого молибденового электрода, в качестве плазмообразующего газа использовали смесь с избытком горючего газа (пропана плюс бутана).

Импульсно-плазменную обработку изделий из быстрорежущих сплавов Р9М5, Р9М4К8Ф, Р10К5Ф5, Р12Ф5М, Р12Ф2К8М3 осуществляли без плавления поверхности. При таком режиме обработки работоспособность инструмента возрастает в 3–5 раз. Известно из работ по лазерной импульсной обработке, что повышение твердости поверхности и износстойкости инструмента происходит только в том случае, когда удельная мощность импульсов находится в пределах  $1 < W_p < 5 \times 10^5 \text{ Вт}/\text{см}^2$ , а время воздействия  $t = 5 \times 10^{-3} \text{ с}$ . Эти же режимы характерны и для импульсно-плазменной обработки.

крепляют в приспособлении 7, его перемещение осуществляется приводом 8 станка.

Конструкция плазматрона предусматривает закрепление по его оси электрод-анода, который имеет сквозное осевое отверстие. В это отверстие подается расходуемый электрод 8, который выполнен из легирующих материалов. Импульсный плазменный поток формируется между выходным соплом плазматрона 6, электродом 8 и упрочняемой поверхностью изделия.

Оборудование для импульсно-плазменного упрочнения (рис. 4) состоит из плазматрона, стандартного манипулятора изделием и источника электрического питания. Оно установлено в специализированном помещении, которое имеет двойные звукоизолирующие двери и смотровое окно. Помещение оснаще-



**Рис. 4. Установка для импульсно-плазменной обработки инструмента**

Импульсно-плазменное упрочнение инструмента на ОАО «Череповецкий сталепрокатный завод» осуществляют на модернизированном фрезерном станке (рис. 3). Вместо вертикального шпинделя 9 станка закреплен импульсный плазматрон 6. В плазматроне встроена детонационная пушка 5 с камерой 4 для смешивания газа и инициирования детонации. Электрический ток к плазматрону поступает через индуктивность 1 по меднойшине 2. Охлаждение плазматрона и индуктивности осуществляется водой, которая проходит к плазматрону через индуктивность по трубопроводу 10. Легирующие элементы вводят по оси плазматрона в виде стержня 3 и через камеру 4 в виде газа. Инструмент за-

но приточно-вытяжной вентиляцией. Управление осуществляют дистанционно с пульта, который вынесен за пределы помещения.

Упрочнению подвергался металлообрабатывающий инструмент: матрицы и пuhanсоны штампов холодного и горячего деформирования металла, обрезные и прорубные пuhanсоны, метчики, плашки, фрезы, пилы, протяжки и другой инструмент.

Перед упрочнением изделия проходили стандартную механическую и термическую обработку. Импульсную-плазменную обработку применяли в качестве конечной операции. Упрочнению подвергали только поверх-

(Окончание на стр. 7)

# Оборудование для автоматической дуговой сварки в среде защитных газов с колебаниями электрода

**В. В. Кураш, В. В. Хроленок, Научно-исследовательский и конструкторско-технологический институт сварки и защитных покрытий с опытным производством (Минск)**

**В** Республике Беларусь на предприятиях промышленности, изготавливающих металлоконструкции и трубопроводы, широко используют технологии ручной и полуавтоматической дуговой сварки плавящимся электродом. Качество сварного соединения в значительной степени зависит от правильно выбранных параметров режима сварки и их стабильности, производительность — от скорости сварки, силы тока и др.

Успешное применение механизированной дуговой сварки плавящимся электродом в защитных газах обусловлено ее высокой эффективностью и широкими технологическими возможностями, при этом обеспечивается эффективная защита расплавленного металла; имеется возможность визуального наблюдения за ванной и дугой при сварке в различных пространственных положениях; нет необходимости очищать сварные швы при многослойной сварке; зона термического влияния узкая. Сварка ведется как в среде активных (углекислый газ и его смесь с кислородом), так и в среде инертных газов (argon, гелий) или в смесях на основе аргона. Выбор защитного газа зависит от свариваемого металла и технологических требований, предъявляемых к сварному соединению.

Углеродистые и низколегированные стали сваривают специальными кремнемарганцовистыми и хромомарганцевистыми проволоками как в углекислом газе, так и в смесях 80% Ar + 20% CO<sub>2</sub> или 75% Ar + 20% CO<sub>2</sub> + 5% O<sub>2</sub>. Успешно применяют для сварки этих сталей проволоки марок Св-08ГС, Св-08Г2С и Св-10ХГ2С. Металл шва при сварке этих сталей с использованием проволок диаметром до 1,2 мм обладает высокими механическими свойствами, применение проволок диаметром 1,6–3,0 мм несколько снижает ударную вязкость металла шва. При сварке в углекислом газе проволоками Св-8ГС, Св-08Г2С стабильность дуги и ее техно-

логические свойства выше при использовании постоянного тока обратной полярности. Процесс сварки весьма чувствителен к изменению параметров и условий сварки. Для получения удовлетворительного формирования швов и уменьшения потерь металла на разбрызгивание сварку предпочтительнее вести в двух диапазонах режимов (зависят от диаметра электрода): на малых токах 80–250 А (с короткими замыканиями) и больших токах 300–550 А (погруженной дугой), минуя средние (неблагоприятные) режимы 190–360 А.

Надежная защита зоны сварки газом до полного затвердевания расплавленного металла является одним из важнейших условий получения шва высокого качества. На эффективность газовой защиты оказывают влияние конструкция горелки и ее расположение относительно свариваемого стыка, род газа и параметры струи. Истечение газа из горелки должно быть равномерным по всему сечению сопла.

Сварку однотипных изделий с кольцевыми швами эффективно проводить автоматом, который обеспечивает колебательное движение электрода поперек шва. Корневой шов выполняют без колебаний электрода, а сварку второго и последующих слоев — при колебаниях с амплитудой на ширину шва. При этом можно использовать проволоку одного диаметра.

Поперечные колебания изменяют форму сварочной ванны. Длина ее уменьшается, а ширина увеличивается, что обеспечивает получение широких валиков с плоской верхней поверхностью. Это снижает величину припуска для последующей механической обработки. На глубину проплавления основного металла наибольшее воздействие оказывает амплитуда колебания электрода, в то время как частота колебания влияет мало.

Поперечные колебания осуществляют различными способами: при помощи пневматических колебательных механизмов, вследствие отклонения дуги за счет потока инерт-

ного газа и др. Наибольшее распространение получили колебательные механизмы кривошипно-шатунного типа. К преимуществам последних относятся простота и надежность, возможность регулирования амплитуды и частоты колебаний в самых широких пределах. Однако они имеют недостаток — наибольшая мгновенная погонная энергия соответствует крайнему положению электрода, а наименьшая — среднему. Эта особенность обуславливает получение валика с уменьшенной по оси шва глубиной проплавления. Для сохранения постоянства глубины проплавления основного металла уменьшают скорость подачи электродной проволоки. Однако для этого необходимо создание специальных управляющих устройств. Более рациональным представляется путь, при котором выравнивание зоны оплавления достигается соответствующим подбором технологических режимов процесса сварки.

Отдел защитных покрытий НИКТИ СП с ОП разработал конструкторско-технологическую документацию и изготовил экспериментальный образец оборудования для автоматической сварки в среде защитных газов деталей большой толщины. Отличительным технологическим принципом разработанного оборудования является применение сварочной головки с системой поперечных колебаний электрода.

Комплект оборудования состоит из сварочной головки, системы подачи защитного газа, сварочной колонны с механизмами настроенных перемещений электрода относительно шва, устройства для размещения электродного материала, пульта управления сварочным автоматом, а также серийно выпускаемых приборов и механизмов: манипулятора модели 1110, источника питания ВДГИ-301 УЗ или КИУ 501 УЗ, газового оборудования.

Сварочная головка (*рисунок*) установки для сварки труб 1 включает механизмы подачи проволоки и поперечных колебаний

горелки, выполненные в виде единого узла. Механизм подачи проволоки состоит из двигателя постоянного тока 9, передающего вращение на редуктор 10 и затем на систему подающего и прижимного роликов, которые перемещают проволоку 8 через направляющую спираль 7 в токоподводящий наконечник горелки 2. Механизм поперечных колебаний горелки состоит из двигателя постоянного тока 6, редуктора 4 и системы рычагов 3. Амплитуда колебаний электрода изменяется ступенчато переключателем 5. Защитный газ подводится от баллона с помощью гибких шлангов через штуцер 11 в сопло горелки, установленное коаксиально токоподводящему наконечнику.

#### Техническая характеристика сварочной головки:

Габаритные размеры, мм	580×275×185
Масса, кг	25,1
Диаметр электродной проволоки, мм	1,2–3,0
Скорость подачи проволоки (настройка бесступенчатая), м/ч	100–500
Амплитуда поперечных колебаний (настройка ступенчатая — 12 ст.), мм	0–30
Частота поперечных колебаний (настройка бесступенчатая), Гц	0–1
Мощность электродвигателей, Вт	2×180
Сварочный ток, А	До 350
Толщина свариваемых деталей, мм	5–20

Принцип работы сварочной головки следующий: электродная проволока при помощи механизма подачи подается в токоподводящий наконечник горелки, соединенный через кронштейн с источником постоянного тока. При подаче проволоки производится ее

дополнительное колебательное перемещение в поперечном направлении. Для стабилизации дуги в технологический процесс сварки заложен принцип обеспечения постоянства межэлектродного дугового пространства, напряжения на дуге и сварочного тока. Автоматическое поддержание постоянной величины межэлектродного пространства с равномерными подачей электродной проволоки и перемещением свариваемых поверхностей обеспечивает равномерный капельный перенос электродного металла и стабилизирует сварочную дугу.

Испытания сварочной головки проводили в лаборатории НИКТИ СП. Сваривали в среде углекислого газа трубы из низкоуглеродистой и низколегированной стали диаметром 219 и 1430 мм с толщиной стенок 5 и 20 мм, V-образной разделкой кромок (угол 60°) и притуплением 2–4 мм. Сварочный материал — проволока марки Св-08Г2С по ГОСТ 2246–70 диаметром 1,2–3,0 мм. Корневые швы выполняли без колебаний электрода. Каждый последующий проход сварки с поперечными колебаниями электрода, амплитуда колебаний до 30 мм. Количество слоев при сварке зависело от толщины свариваемого металла. Сварку выполняли на токе обратной полярности. При сварке на прямой полярности скорость расплавления несколько выше, чем при обратной полярности, однако, дуга горит менее стабильно с интенсивным разбрзыванием. Режимы сварки при испытаниях: сварочный ток 80–300 А, скорость подачи электродной проволоки 100–500 м/ч, амплитуда поперечных колеба-

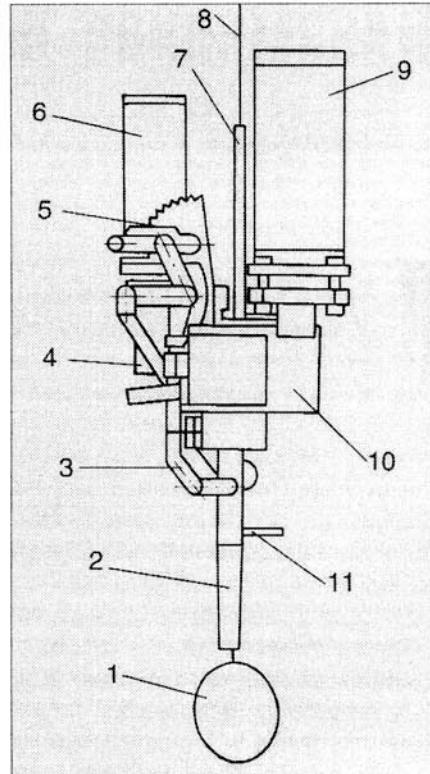


Рисунок. Сварочная головка

ний 2–30 мм, частота колебаний 1 Гц.

Устойчивое горение дуги, высокое качество сварных швов достигаются при сварке проволокой марки Св-08Г2С диаметром 1,2 и 1,6 мм, когда вылет электрода составляет 10–12 мм, скорость перемещения электрода 16 м/ч, расход CO<sub>2</sub> 10–12 л/мин, сварочный ток 120 А и 200 А, а напряжение на дуге 20 В и 22 В. ■ #17

#### (Окончание. Начало на стр. 5)

ности рабочих кромок инструмента. Технологические режимы обработки для различного вида пуансонов, матриц, штампов подбирались с минимальной плотностью мощности, достаточной для нагрева поверхности до плавления. Такой режим обеспечивал легирование расплавленной поверхности изделия элементами, составляющими плазменную струю. При упрочнении использовали расходуемый электрод из вольфрама, плазмообразующий газ содержал избыток пропана. Обработку осуществляли с трехкратным воздействием импульсной плазмы на упрочняемую поверхность. Перед упрочнением поверхность инструмента не требует очистки или ка-

кой-либо другой подготовительной операции.

Для упрочнения металлорежущего инструмента (метчиков, плашек, протяжек) подбирали плотность мощности, не достаточную для плавления режущих кромок. Использовали расходуемый электрод из молибдена, плазмообразующий газ содержал избыток пропана и азота. Фрезы, сверла, резцы и т. п. обрабатывали с использованием электрода из титана. Обработка осуществлялась с 5–10-кратным воздействием импульсами плазмы на упрочняемую поверхность.

Предлагаемая технология является ресурсосберегающей, что обусловлено низким расходом легирующих элементов и электрической энергии в сочетании с высокой производительностью (до 0,5 м<sup>2</sup>/ч). Технология поз-

воляет обрабатывать (нагревать) только рабочие (режущие) поверхности, что решает проблему повышения износостойкости без изменения структурного состояния всего изделия. Обработка поверхности сопровождается комплексным (тепловым, электромагнитным, деформационным) импульсным воздействием, что обеспечивает упрочнение и легирование поверхности составляющими плазмы.

Технологию и технологическое оборудование для импульсно-плазменного упрочнения инструмента используют в условиях массового производства металлургической продукции на ОАО «Череповецкий сталепрокатный завод». Опыт промышленной эксплуатации показал, что работоспособность инструмента повысилась в 2–5 раз. ■ #16

# Плазменная наплавка

Е. Ф. Переплетчиков, канд. техн. наук, ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины

**П**лазменная наплавка — механизированный процесс, при котором источником теплоты служит плазменная дуга, а присадочными или электродными материалами — сплошные или порошковые проволоки, неподвижная присадка в виде литых или спеченных колец, гранулированные порошки. Благодаря возможности регулирования в широком диапазоне соотношения между тепловой мощностью дуги и подачей присадочного (электродного) материала большинство способов плазменной наплавки обеспечивают достаточно высокую производительность (до 10 кг наплавленного металла в час) при минимальном проплавлении основного металла.

Важной особенностью плазменной наплавки является отличное формирование наплавленных валиков (рис. 1), стабильность и хорошая воспроизводимость их размеров: статистически установлено, что у 95% наплавленных деталей отклонение толщины наплавленного слоя от名义ального размера не превышает 0,5 мм. Это позволяет существенно сократить расход наплавочных материалов, время наплавки, а также (благодаря малым припускам) затраты на механическую обработку наплавленных деталей.

Плазменная наплавка обеспечивает высокую работоспособность деталей за счет отличного качества наплавленного металла, его однородности, а также благоприятной структуры, определяемой специфическими условиями кристаллизации металла сварочной ванны. В большинстве случаев плазменную наплавку выполняют на постоянном токе, как правило, прямой, значительно реже — обратной полярности. Наплавляемое изделие можно включать или не включать в сварочную цепь. В первом случае это будет наплавка плазменной струей, во втором — плазменной дугой. Разработано несколько способов плазменной наплавки с присадочной (электродной) проволокой. Для наплавки применяют одну или две проволоки, их можно включать в сварочную электрическую цепь или оставлять нейтральными. Для примера на рис. 2 приведены схемы плазменной наплавки с использованием одной проволоки. Оба метода обеспечивают минимальное проплавление основного металла (доля основного металла в первом слое наплавки 0,5–2,5%). Производительность первого метода составляет 4–8 кг/ч, второго — несколько ниже: 2–5 кг/ч.

**Таблица 1. Химический состав порошков сплавов на основе никеля и кобальта и твердость наплавленного ими металла**

Марка порошка	Массовая доля элементов, %								Твердость наплавленного металла HRC <sub>3</sub>
	C	Cr	Si	Fe	Ni	Co	W	V	
ПГ-СР2	0,3	13,5	2,5	≤5,0	Основа	—	—	1,8	35–42
ПГ-СР3	0,5	15,0	3,0	≤5,0	Основа	—	—	2,4	45–52
ПГ-СР4	0,8	16,5	3,7	≤5,0	Основа	—	—	3,3	55–60
ПР-Н77Х15С3Р2	0,4	15,0	3,0	≤5,0	Основа	—	—	2,1	35–45
ПР-Н73Х16С3Р3	0,7	16,0	3,2	≤5,0	Основа	—	—	2,5	45–55
ПР-Н70Х17С4Р4	0,9	17,0	4,0	≤5,0	Основа	—	—	3,5	55–60
ПР-Н68Х21С5Р	0,4	21,0	4,5	≤5,0	Основа	—	—	1,1	40–46
ПРЦН65Х25С3Р3	1,2	25,0	2,7	≤5,0	Основа	—	—	2,5	45–52
ПР-К60Х30ВС (В3К)	1,2	30,0	2,2	≤3,0	≤3,0	Основа 4,5	—	38–44	
ПР-К58Х30В5С	1,5	30,0	1,7	≤3,0	≤2,0	Основа 4,5	—	42–47	
ПН-АН34	0,8	30,0	1,7	≤3,0	≤6,0	Основа 4,5	0,8	42–47	
ПР-К25Х25Н20В12	1,5	25,0	1,0	≤3,0	20,0	Основа 12,0	—	42–45	

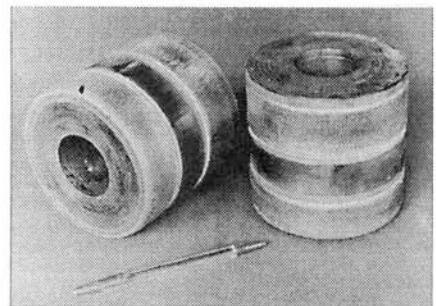


Рис. 1. Наплавленный порошком из бронзы поршень гидроцилиндра

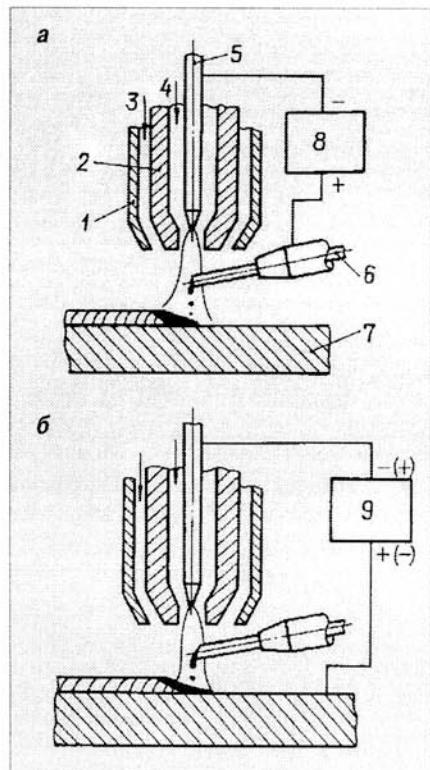


Рис. 2. Принципиальные схемы плазменной наплавки с использованием одной электродной (а) или присадочной (б) проволоки:  
1 — защитное сопло; 2 — плазмообразующее сопло; 3 — защитный газ; 4 — плазмообразующий газ; 5 — электрод; 6 — проволока; 7 — наплавляемое изделие; 8 — источник питания

Из существующих способов плазменной наплавки наибольшее распространение получила плазменно-порошковая наплавка как наиболее универсальный метод. Благодаря характерному для плазменной наплавки малому проплавлению основного металла требуемая твердость и заданный химический состав наплавленного металла обеспечивается уже на расстоянии 0,3–0,5 мм от поверхности сплавления (рис. 3), что позволяет ограничиться однослойной наплавкой там, где электродуговым способом необходимо наплавить 3–4 слоя. При плазменно-порошковой наплавке присадкой служат гранулированные металлические порошки, которые подаются в плазмотрон транспортирующим газом с помощью специального питателя. В наплавочных плазмотронах можно использовать три схемы ввода порошка в дугу (рис. 4):

- распределенный через кольцевую щель между соплами;
- локальный боковой через канал (каналы) в торце сопла;
- аксиальный через полый электрод.

В промышленных установках применяют два первых способа, последний, несмотря на преимущества с точки зрения использования порошка, пока не нашел распространения из-за малой надежности и низкой стойкости электрода, через отверстие в котором должен подаваться присадочный порошок.

**Наплавочные материалы.** Для плазменной наплавки применяют порошки сталей и сплавов на основе никеля, кобальта, железа и меди. Производят порошки преимущественно методом распыления струи жидкого металла инертным газом, что обеспечивает им отличные сварочно-технологические свойства — хорошую сыпучесть, низкое содержание кислорода (0,02–0,10%) и др. В небольших масштабах (для производства порошков

**Таблица 2. Химический состав порошков сталей и сплавов на основе железа и твердость наплавленного ими металла**

Марка порошка	Массовая доля элементов, %								Твердость наплавленного металла HRC <sub>3</sub>
	C	Cr	Si	Mn	V	W	Mo	Другие	
ПГ-С1	3,0	29,0	3,5	1,2	—	—	—	4,0 Ni	50–55
ПГ-АН1	2,4	29,0	2,0	1,0	—	—	—	1,4 В	54–58
ПН-АН2	2,2	18,0	0,5	0,8	8,0	—	3,0	3,0 Ni	44–52
ПР-10Р6М5	1,0	4,0	0,5	0,5	1,9	6,5	5,0	—	58–64
ПР-10М6Ф3	1,1	4,2	—	0,5	2,6	—	6,2	—	58–64
ПР-25Х5ФМС	0,3	5,0	1,0	0,6	0,3	—	0,4	—	42–46
ПР-30Х4В2М2ФС	0,3	4,0	0,8	0,6	0,5	2,7	3,5	—	50–54
ПР-170Х5ФВ3МС	1,7	5,4	2,4	0,4	5,1	3,1	0,4	—	54–60
ПР-220Х6Ф8ВМС	2,1	5,9	1,4	0,8	7,8	1,0	0,4	—	54–60

тугоплавких материалов) используют термоцентробежное распыление. Порошок является универсальным наплавочным материалом, так как может быть получен практически из любого наплавочного сплава, независимо от прочности, твердости и других свойств последнего. Следует отметить, что многие составы порошков, разработанных и рекомендованных для газопорошковой наплавки и плазменного напыления, можно успешно использовать и для плазменной наплавки.

**Сплавы на основе никеля.** В настоящее время известно более 80 наплавочных сплавов этого типа. Содержание хрома в них колеблется в пределах 1–29%. Важными легирующими элементами являются бор и кремний, содержание которых обычно составляет 1–4%. Присадки бора и кремния снижают температуру плавления хромоникелевых сплавов и придают ему способность к самоплавлению. Одновременно эти элементы повышают твердость и износостойкость наплавленного металла. Углерод и железо содержатся в этих сплавах в небольших количе-

ствах (до 1% углерода и до 4,5% железа). В некоторых сплавах имеется также в небольших количествах вольфрам, молибден, марганец, медь и другие легирующие элементы.

Наибольшее распространение для плазменной наплавки получили порошки самоплавлющихся Ni-Cr-Si-B-C-сплавов (табл. 1, сплавы 1–8), известных под названием «колмонаи». Их применяют для наплавки дисков, клиньев, золотников и седел арматуры различного назначения; валов, защитных втулок, уплотнительных колец и опорных дисков центробежных насосов; распределительных валов, клапанов и седел двигателей внутреннего горения (ДВС); деталей металлургического оборудования и др.

Наплавленный ими металл обладает хорошей износостойкостью при нормальной (комнатной) и повышенных температурах, особенно в условиях трения металла по металлу, жаропрочностью и жаростойкостью. Он также стоек против коррозии в растворах некоторых кислот (уксусной, муравьиной, лимонной и т. п.), в каустической соде и других агрессив-

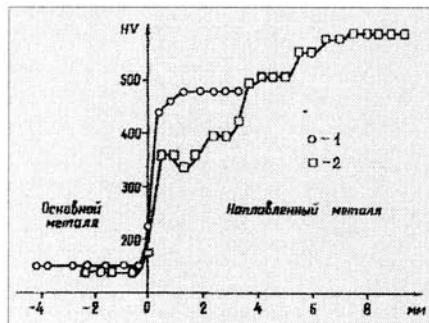


Рис. 3. Распределение твердости HV в переходной зоне: 1 — плазменно-порошковая наплавка; 2 — дуговая наплавка покрытыми электродами

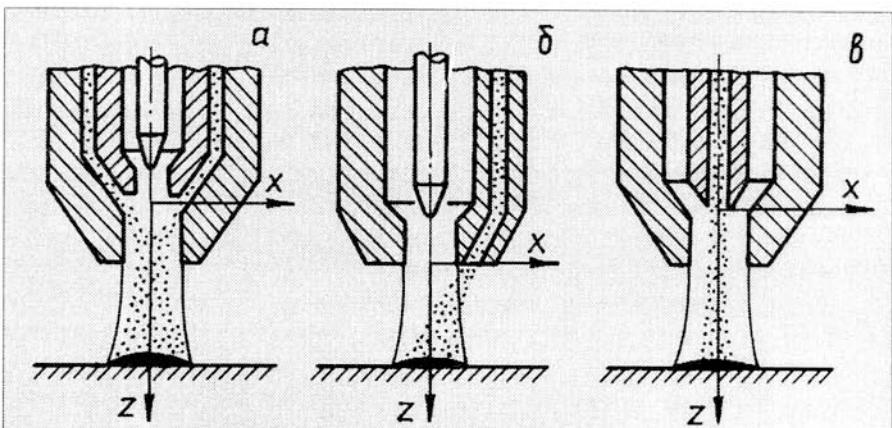


Рис. 4. Схемы ввода порошка в дугу при плазменно-порошковой наплавке

## Плазменная наплавка

ных средах. С увеличением содержания углерода, бора и кремния твердость наплавленного металла повышается от 35 HRC<sub>3</sub> до 60 HRC<sub>3</sub>. При этом структура его изменяется от дозвтектической, состоящей из твердого раствора на основе никеля и сложной эвтектики, к зазвтектической, в которой наряду с этими структурными составляющими обнаруживаются также бориды хрома, сложные карбиды типа M<sub>23</sub>C<sub>6</sub> и карбобориды.

Наплавленный металл с дозвтектической и эвтектической структурами предпочтительнее для работы в парах трения и при значительных ударных нагрузках, с зазвтектической структурой — при абразивном изнашивании.

**Сплавы на основе кобальта.** Порошки сплавов на основе кобальта (стеллиты) предназначены для наплавки деталей арматуры, клапанов и седел ДВС, инструмента для горячего деформирования металла, ножей для резки целлюлозы, втулок насосов и других деталей. Наплавленный металл отличается высокой износостойкостью при нормальной и повышенных температурах, жаропроч-

ностью, окалиностойкостью, коррозионной стойкостью во многих агрессивных средах.

В настоящее время известно более 60 марок стеллитов. Однако для плазменно-порошковой наплавки наибольшее применение получили лишь некоторые из них (табл. 1, сплавы 9–12). Хром придает сплавам окалиностойкость, повышает твердость, прочность и жаропрочность, при его содержании более 34% образуются интерметаллидные кобальтхромовые соединения, появление которых приводит к охрупчиванию сплавов. Повышению жаропрочности способствует также вольфрам. Его содержание колеблется в довольно широких пределах (4–23%) и зависит от назначения сплава. Содержание углерода обычно не превышает 2,5%. В стеллиты также вводят небольшие присадки (0,5–2,0%) бора, ниobia и других элементов. Например, присадка бора в порошке ПН-АН34 придает наплавленному металлу повышенные твердость и износостойкость, а также стойкость против образования кристаллизационных трещин, но снижает коррозионную стойкость в растворах некоторых кислот. Жаростойкость наплавленного металла при легировании его бором практически не изменяется.

Структура наплавленного металла, который обычно содержит около 30% Cr, зависит главным образом от содержания в нем углерода и вольфрама. Применяемые для наплавки стеллиты являются дозвтектическими сплавами, структура которых состоит из твердого раствора и двойной эвтектики, состоящей из карбидов Cr<sub>23</sub>C<sub>6</sub> и твердого раствора, обогащенного кобальтом.

### Стали и сплавы на основе железа.

В табл. 2 приведен химический состав порошков сталей и сплавов на основе железа. Порошки ПГ-С1 и ПГ-АН1 — это высокоуглеродистые и высокохромистые сплавы с карбидным или карбоборидным упрочнением. Эти сплавы весьма стойки в условиях интенсивного абразивного изнашивания, однако, склонны к образованию трещин при наплавке. Они предназначены для наплавки рабочих органов почвообрабатывающих машин и землеройной техники, дисков и седел арматуры для пульнопроводов, деталей металлургического оборудования и т. д.

Металл, наплавленный порошком ПН-АН2, по износостойкости не уступает металлу, наплавленному порошком ПГ-С1, но он более пластичен и не склонен к образованию трещин, что обусловлено особенностями его структуры, состоящей из аустенитно-маргинитной основы, карбидной эвтектики, расположенной по границам зерен, но не образующей замкнутого скелета, и мелких, равномерно распределенных первичных карбидов. Его коррозионная стойкость выше, чем у хромистых сталей типа 20Х13. Порошок ПН-АН2 применяют для наплавки шнеков экструдеров и термопластов, деталей арматуры для систем гидротранспорта сыпучих материалов, рабочих органов почвообрабатывающих машин и т. п. Порошки ПР-10Р6М5 и ПР-10М6Ф3 обеспечивают получение наплавленного металла типа быстрорежущей стали, их применяют для наплавки фрез, разверток, резцов, крупных метчиков, дисковых ножей для резки тонколистового металла, ножей для резки дерева, бумаги и т. д. Заготовки многоглавийного инструмента перед механической обработкой отжигают, а затем подвергают закалке и отпуску. Если инструмент имеет простую форму и может быть обработан шлифованием, то обычно ограничиваются двукратным отпуском наплавленных заготовок при 560 °C, 1 ч. Твердость наплавленного металла при этом повышается с 56–59 HRC<sub>3</sub> до 62–64 HRC<sub>3</sub>.

Порошками ПР-170Х5Ф5В3МС и ПР-220Х6Ф8ВМС наплавляют штамповый

**Таблица 3. Химический состав порошков сплавов на основе меди**

Марка порошка	Массовая доля элементов, %					
	Si	Mn	Fe	Ni	Al	Другие
ПР-БрКМц 3–1	3,0	1,3	—	—	—	—
ПР-БрОН 8,5–3	0,2	—	—	3,0	—	8,5 Sn
ПР-БрАЖНМц 8,5–4–5–1,5	≤0,2	1,4	4,0	4,8	8,5	—
ПР-БрАЖНМц 8,5–1,5–5–1,5	≤0,2	1,4	1,2	4,8	8,5	—
ПР-МН40	—	1,1	1,5	41,0	1,8	0,3 Ti

**Таблица 4. Техническая характеристика установок для плазменно-порошковой наплавки**

Параметр	06–2184	УПН–303	Уп–142
Ток наплавки (ПР=100%), А, не более	400	315	300
Пределы регулирования подачи присадочного порошка, кг/ч	0,35–15	0,5–12	0,35–15
Скорость перемещения аппарата, м/ч	3–6	0,2–20	—
Частота вращения планшайбы врачащика, об/мин	0,1–5	0,05–2,5	0,08–5,0
Размах колебаний плазмотрона, мм	25	60	25
Частота колебаний плазмотрона, 1/мин	20–120	6–30	20–120
Расход газа, л/мин, не более	20	40	20
Охлаждение плазмотрона	Водяное	Водяное	Водяное, автономное
Габаритные размеры, мм:			
длина	1800	3450	1500
ширина	1160	2800	1000
высота	1850	2000	1200
Масса, кг	800	2820	400

инструмент для горячего и холодного деформирования, ПР-30Х4В2М2ФС и ПР-25Х5ФМС — валки горячей прокатки, штампы, ножи для резки горячего металла.

**Сплавы на основе меди.** Порошки сплавов на основе меди (табл. 3) служат для наплавки деталей пар трения, а также для восстановления деталей судовой арматуры из цветных сплавов. При плазменной наплавке бронз ПР-БрАЖНМц8,5-1,5-5-1,5, ПР-БрАЖНМц8,5-4-5-1,5 и ПР-БрКМц3-1 на стальные детали практически не наблюдаются так называемые «проникновения» медного сплава в основной металл. При наплавке оловянных бронз с целью исключения таких «проникновений» необходимо наплавлять промежуточный слой из упомянутых выше бронз.

**Оборудование.** В зависимости от объемов производства наплавляемых деталей, требований к уровню автоматизации технологического процесса и других факторов плазменную наплавку можно выполнять на универсальных установках, позволяющих наплавлять детали разной формы и размеров, или на специализированных установках, предназначенных для наплавки деталей одного типа — клапанов ДВС, дисков и седел арматуры, заготовок инструмента и т. п. (табл. 4).

Для плазменно-порошковой наплавки в ИЭС им. Е. О. Патона разработана универсальная установка ОБ-2184 (рис. 5), предназначенная для наплавки наружных цилиндрических поверхностей диаметром до 400 мм и длиной до 800 мм, торцевых поверхностей дисков диаметром до 350 мм и толщиной до 300 мм, плоских поверхностей деталей с максимальными размерами 800×500×400 мм. Установка может быть использована также для наплавки конических и фасонных деталей. Состоит установка из наплавочного аппа-

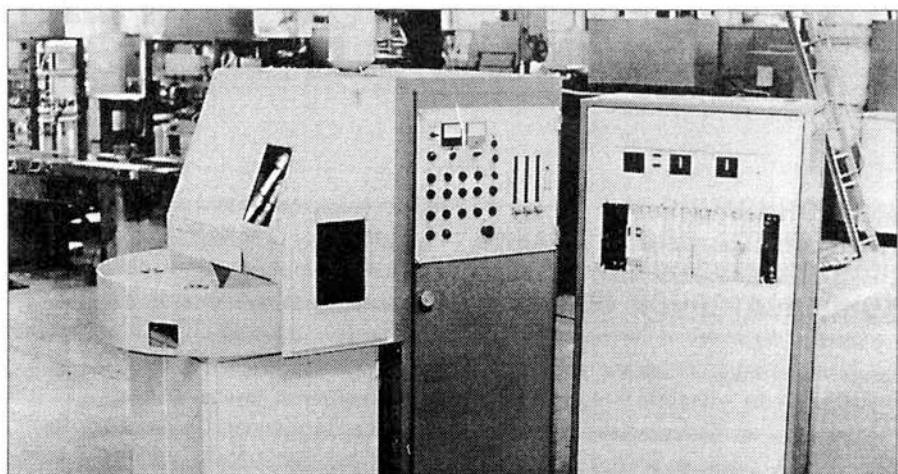


Рис. 6. Внешний вид специализированной установки УП-142 для плазменно-порошковой наплавки

рата А-1756 (в комплекте с самоходной тележкой) и манипулятора, расположенных на общей станине. Аппарат А-1756 можно использовать также автономно. Его можно установить, например, на суппорте токарного станка, что позволяет легко создать установку для наплавки шнеков экструдеров и других длинномерных деталей (имеется опыт плазменной наплавки шнеков длиной до 6000 мм).

Во ВНИЭСО была разработана универсальная установка УПН-303 для плазменно-порошковой наплавки. Эти установки в 80-е годы достаточно широко использовали на металлургических предприятиях. УПН-303 состоит из наплавочной головки, смонтированной на поворотной колонне, манипулятора, источника питания и системы управления. Установку комплектуют сменными плазмотронами, позволяющими выполнять наплавку постоянным током прямой или обратной полярности. Номинальная грузоподъемность манипулятора 500 кг, максимальный диаметр наплавляемого изделия 1500 мм.

Примером специализированной установки для плазменно-порошковой наплавки может служить автоматическая установка УП-142 (рис. 6), разработанная в ИЭС им. Е. О. Патона. Она предназначена для серийной или массовой наплавки деталей типа дисков и седел диаметром до 200 мм и высотой до 150 мм. Особенностью установки являются микропроцессорное управление, необходимое для обеспечения автоматического цикла наплавки, и наличие рабочей камеры, надежно защищающей оператора от светового и теплового излучения дуги, газа и пыли. Установка снабжена специальным механизмом для автоматической выгрузки заготовок

после наплавки в накопительный бункер.

С использованием конструкторских и технологических решений, накопленных в ИЭС им. Е. О. Патона при создании гаммы установок для плазменно-порошковой наплавки, была разработана специализированная установка У-562М для наплавки клапанов и седел ДВС.

Наиболее ответственными и важными узлами аппаратов и установок для плазменно-порошковой наплавки являются плазмотроны, порошковые питатели и устройства колебания плазмотронов. Конструкции этих узлов в установках ИЭС им. Е. О. Патона отличаются оригинальностью и высокой надежностью в работе. Установки ОБ-2184, УП-142 и У-562М комплектуют кулачковыми механизмами колебания плазмотрона, порошковыми пневмомеханическими питателями и плазмотронами, рассчитанными на ток до 300 А, что обеспечивает производительность наплавки до 6 кг/ч. В качестве плазмообразующего, транспортирующего и защитного газа используется аргон. Оптимальная грануляция присадочного порошка 80–200 мкм. Для наплавки сравнительно крупных деталей можно применять порошки зернистостью до 250 мкм, мелкие детали лучше наплавлять порошком фракции 63–120 мкм.

Опыт промышленного использования показывает, что плазменно-порошковая наплавка позволяет повысить качество, надежность и долговечность наплавленных деталей, улучшить условия труда. По сравнению с ручной наплавкой на 30–50% повышается производительность труда, на 50–70% сокращается расход наплавочных материалов и примерно на 50% расход электроэнергии. ■ #18

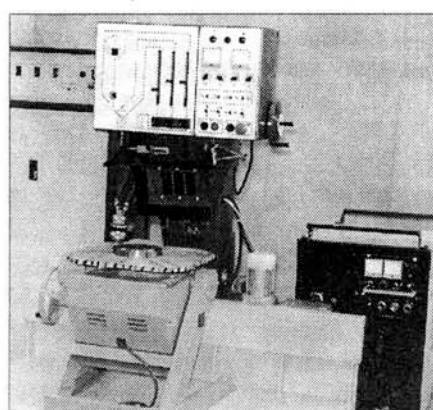


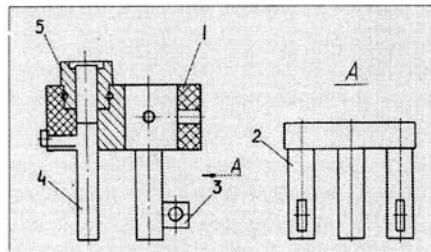
Рис. 5. Внешний вид универсальной установки ОБ-2184 для плазменно-порошковой наплавки

# НОВОСТИ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ

## МОДЕРНИЗАЦИЯ ПИСТОЛЕТОВ ДЛЯ ПРИВАРКИ ШПИЛЕК В УСТАНОВКАХ КОНДЕНСАТОРНОЙ СВАРКИ

В настоящее время на Европейском рынке сварочной техники широкое распространение получили установки конденсаторной сварки для выполнения соединений элементов крепления (шпилек) с металлоконструкциями, аппаратами, трубопроводами и т. п.

НИКТИ СП с ОП совместно с Государственным предприятием «Белтрансгаз» проведены работы по модернизации пистолета РКМ-1В фирмы «SHOLER BOLZEN-SCHWEISS SYSTEME» (Германия) для приварки выводов электрохимзащиты в виде стальных шпилек из низкоуглеродистых сталей диаметром до 8 мм к действующим магистральным газопроводам диаметром более 159 мм, с толщиной стенки более 4 мм. Для исключения применения струбин, крепящих провода «земля» при сварке шпилек на действующем газопроводе, была модернизирована опорная втулка сварочного пистолета. Вместо штатной опорной втулки была использована конструкция, показанная на рисунке.



В текстолитовый корпус 1, который крепят на стволе пистолета, установлены две медные стойки 2 с припаянными к ним клеммными ушками 3. К клеммным ушкам присоединяют провода «земля» источника питания установки. Стальная подвижная опора 4 и регулировочная гайка 5 обеспечивают устойчивость пистолета в процессе сварки. Перемещением подвижной опоры 4 при наладке пистолета на определенный диаметр трубы добиваются перпендикулярного расположения к поверхности трубы сварочного пистолета и, соответственно, привариваемой шпильки. Пистолет необходимо рас-

полагать медными стойками 2 вдоль обра- зующей трубы. В процессе сварки пистолет всеми тремя стойками плотно прижимается к зачищенному до металлического блеска участку поверхности трубы. При этом стойки 2 обеспечивают электрический контакт проводов «земля» с трубой, а привариваемая шпилька, закрепленная в цанге пистолета, всегда располагается на изделии симметрично относительно двух точек токопровода «земля», что полностью соответствует требованиям эксплуатационных документов сварочной установки.

Практическое применение модернизированного пистолета при приварке порядка 500 шпилек выводов электрохимзащиты к действующим газопроводам показало стабильные высокие прочностные показатели сварных соединений (не менее 70% от прочности металла шпильки), безотказную работу установки. ■ #19

**В. А. Писарев, Г. И. Окунь, Научно-исследовательский и конструкторско-технологический институт сварки и защитных покрытий (Минск).**

## ПОЛУАВТОМАТЫ ПДГО-508 И ПДГО-510 ДЛЯ ДУГОВОЙ СВАРКИ

Симферопольская электромашиностроительная фирма «СЭЛМА» освоила изготовление полуавтоматов ПДГО-508 и ПДГО-510, предназначенных для механизированной сварки низкоуглеродистых, легированных и коррозионностойких сталей сварочной проволокой на постоянном токе. Возможно применение сплошной и порошковой проволоки. При этом сварку можно выполнять как в среде защитных газов, так и открытой дугой при работе с самозащитными порошковыми проволоками типа ПП-АН.

Полуавтоматы универсальные, передвижные. Имеется несколько вариантов конструктивного исполнения: с питанием от выпрямителя типа ВДУ-506 или от автономного блока управления типа БУСП-04; на колесиках или без них. Полуавтоматы могут работать в комплекте с любым выпрямителем на номинальный ток до 500 А (например, ВДУ-506 с УЗ.1, ВДУ-601 с УЗ.1).

Механизм подачи полузакрытого типа удобен в эксплуатации. Внутри него установлены редукторный привод венгерского производства и газовый тракт. Органы управления сварочным режимом расположены на лицевой панели. Снаружи на отдельном кронштейне расположены кассета и тормозное устройство, соответствующие европейскому стандарту. Механизм подачи может быть использован также при работе непосредственно с полной бухтой электродной проволоки, уложенной на разматывающее устройство. Длястыковочного узла с горелкой предусмотрено два исполнения: с евровразъемом или втычным соединением, что позволяет свободно работать с любым типом современных горелок.

Блок управления обеспечивает плавную регулировку скорости подачи сварочной проволоки, управление газовым клапаном и сварочным источником от кнопки на горелке, измерение параметров сварочного режима в процессе сварки, установку временных интервалов сварочного цикла, дистанционное включение источника сварочного тока, возможность работы как в режиме «длинные швы», так и в режиме «короткие швы».

Полуавтоматы комплектуют горелками фирмы «Бинцель» (Германия).

### Техническая характеристика:

ПДГО-508 ПДГО-510

Напряжение питающей сети, В:	3×380	3×380
Частота питающей сети, Гц	50	50
Номинальный сварочный ток (при ПВ=60%), А	630	500
Пределы регулирования сварочного тока, А	60–630	60–500
Напряжение холостого хода, В..92		85
Номинальное рабочее напряжение, В	56	50
Потребляемая мощность, кВ·А		34
Диаметр электродной проволоки, мм:		
стальная	1,2–2,0	1,2–2,0
порошковая	1,2–2,8	1,6–3,2
Скорость подачи электродной проволоки, м/ч	70–1100	70–1100
Масса, кг, не более	13	15
Габаритные размеры (механизм подачи), мм, не более	550×210×400	640×215×410

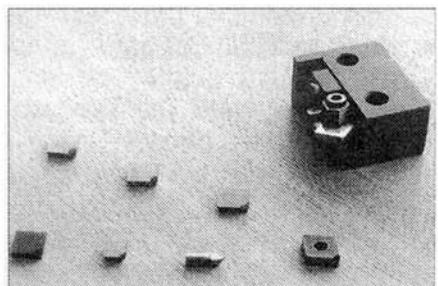
По сравнению с аналогичными полуавтоматами, выпускаемыми в настоящее время, эти имеют следующие преимущества:

- возможность обеспечения повышенного тягового усилия и возможность работы с горелками длиной до 5 м за счет подающего устройства с двумя парами ведущих роликов;
- возможность применения кассеты по европейскому стандарту, при этом масса электродной проволоки может достигать 15 кг;
- полную автономность питания и возможность работы с любым типом сварочных выпрямителей;
- возможность использования практически любых типов стандартных горелок с евро-разъемом или втычным соединением;
- улучшенные дизайн и эргономику.

Полуавтоматы соответствуют требованиям ГОСТ 18130-79 и ИСО 700. ■ #20

**Г. В. Павленко,**

ОАО «Фирма СЭЛМА».



## РЕЖУЩИЙ ИНСТРУМЕНТ, ОСНАЩЕННЫЙ ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКИМИ АЛМАЗАМИ (ПКА)

Инструмент с двухслойными алмазно-твердосплавными вставками разработан и изготовлен на «АВТОВАЗе» для обработки деталей из алюминиевых сплавов. Оснащенный ПКА марки СВБН, он имеет на 30% более высокую термостойкость, чем аналогичный инструмент с ПКА известных марок. Это позволяет применять для крепления вставок припой, обеспечивающие более высокую прочность закрепления. Такой инструмент может быть использован при повышенных температурах в зоне обработки.

Вставку в державке крепят пайкой в вакуумной печи по специально разработанной технологии, что позволяет улучшить качество по сравнению с пайкой токами высокой частоты.

Разработанная конструкция крепления вставки с ПКА дает возможность упростить технологию изготовления инструмента и снизить термические напряжения, возникающие при пайке, заточке и в процессе работы.

При обработке алюминиевых сплавов работоспособность инструмента не уступает инструменту, оснащенному ПКА «Компакс» фирмы «Дженерал Электрик». ■ #21

АО «АВТОВАЗ», ВНИИТС.

## НОВЫЙ ВЫПРЯМИТЕЛЬ ДЛЯ РУЧНОЙ ДУГОВОЙ СВАРКИ

Разработан новый тиристорный выпрямитель ВДЭ-315 для сварки покрытыми электродами. Выпрямитель обеспечивает отличные технологические свойства при сварке электродами с основным покрытием диаметром от 2 до 6 мм во всем диапазоне токов как на обратной, так и на прямой полярности. Отличительные особенности выпрямителя — высокая стабильность горения дуги и пониженное разбрзгивание электродного металла, что обеспечивается схемным решением источника и специальным алгоритмом управления тиристорами. Выпрямитель имеет удобное местное и дистанционное регулирование сварочного тока.

Стабилизация сварочного тока позволяет эффективно использовать выпрямитель для сварки также неплавящимся электродом.

Выпрямитель прошел сравнительные технологические испытания при сварке в различных пространственных положениях электродами с основным и рутиловым покрытиями отечественного и импортного производства и рекомендован для серийного производства.

### Техническая характеристика:

Номинальная потребляемая мощность, кВт, не более .....	20
Номинальный сварочный ток, А .....	315
Продолжительность нагрузки ПН при номинальном токе и пятиминутном цикле, % .....	60
Диапазон плавного регулирования сварочного тока, А .....	30-315
Номинальное напряжение холостого хода, В, не более .....	75
Номинальное рабочее напряжение, В .....	33
Диапазон рабочих напряжений, В .....	8-33
Габаритные размеры, мм, не более:	

длина ..... 550

ширина ..... 550

высота ..... 850

Масса, кг, не более ..... 180

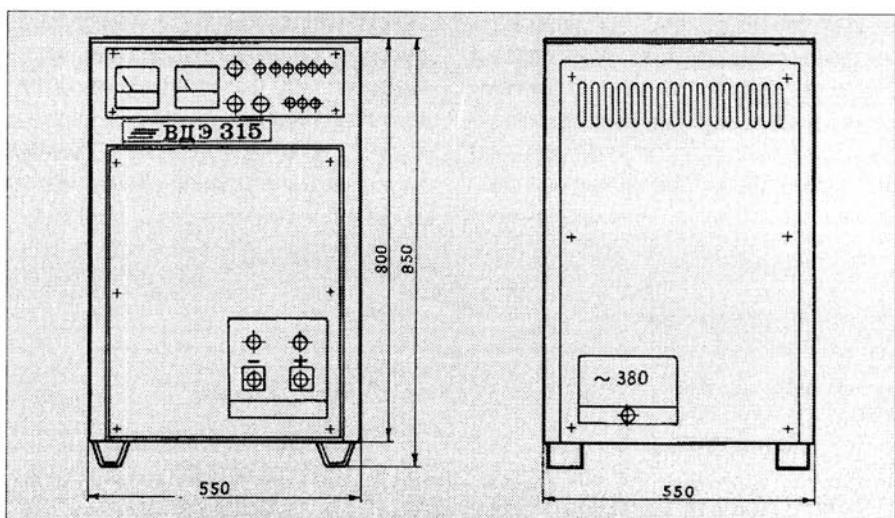
■ #22

**В. В. Андреев, Г. Н. Москович,**

**В. А. Корицкий,**

ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины.

(Окончание на стр. 15)



# 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.**

**Повреждение или срыв резьбы на ступице из серого чугуна в местах крепления водила приводит к отбраковке практически пригодных к эксплуатации дефицитных деталей троллейбуса. Конструкция ступицы позволяет первый раз обойтись нарезанием резьбы между изношенными отверстиями. Посоветуйте, как восстановить эту деталь при помощи сварки?**

**В. М. Наконечный (Винница)**

Учитывая тот фактор, что заплавить изношенные отверстия и повторно нарезать резьбу без специальной термической обработки практически невозможно, рекомендуем обратиться к опыту комбинированных соединений чугуна и стали. На токарном стан-

ке полностью удаляют ту часть ступицы, в которой залегают поврежденные отверстия. Вместо нее изготавливают стальное кольцо соответствующих размеров. Для точного совмещения свариваемых деталей, исключения перекосов и искривления осей рекомендуется такой вид подготовки кромок.

Собранные детали скрепляют четырьмя прихватками (направления соответствуют 12, 3, 6 и 9 часам на циферблате). Сварку выполняют в нижнем положении, желательно с использованием вращающего устройства, проволокой ПАНЧ-11 диаметром 1,2 мм на режиме:  $I_{cb} = 100 \dots 140$  А;  $U_d = 16 \dots 18$  В;  $V_{cb} = 15 \dots 20$  м/ч. Швы накладывают короткими участками длиной 40–50 мм. После наложения каждого шва наплавленный участок проковывают легкими ударами молотка с радиусной заточкой до изменения рисунка шва. Процесс возобновляют после охлаждения места сварки до 60–70 °C. После завершения сварки обеспечивают замедленное охлаждение детали, укрывая ее асбестовой тканью. Охлажденные швы подвергают контролю керосиновой пробой. Отдельные поры можно зачеканить. Трешины являются недопустимым дефектом. Их удаляют шлифовальной машинкой, это место повторно заваривают.

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

**Прошу дать аргументированное и документальное подтверждение по поводу применения ограничителей холостого хода при ручной дуговой сварке покрытыми электродами на постоянном и переменном токе.**

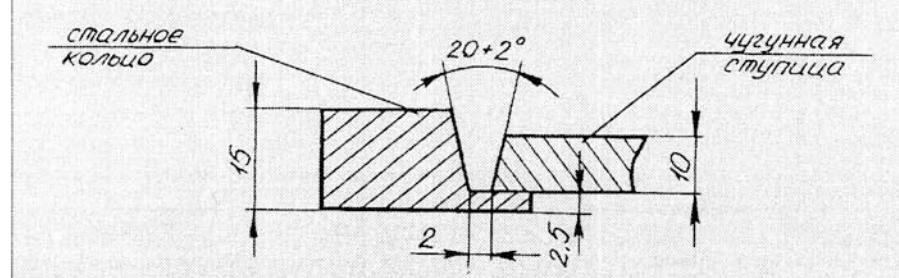
**А. В. Паршин (Керчь),  
А. И. Воробьев (Вольногорск)**

Постоянный ток по своему поражающему действию примерно в 3–5 раз безопаснее, чем переменный ток частотой от 15 до 400 Гц. Поэтому при ручной дуговой сварке покрытыми электродами на постоянном токе применение ограничителей напряжения холостого хода не обязательно. Если сварку на постоянном токе выполняют в условиях повышенной опасности поражения электрическим током, электросварщиков кроме спецодежды должны обеспечивать диэлектрическими перчатками, галошами или ковриками, а при вероятности соприкосновения с металлом свариваемой конструкции — наколенниками и наплечниками.

Повышенная опасность поражения электрическим током характерна в таких случаях:

- помещение или рабочее место ограничивает свободу движений, из-за чего рабочий должен выполнять сварку в неудобном положении (на коленях, сидя, лежа и т. д.);
- мокрое, влажное (относительная влажность 75% при температуре 20 °C) или нагретое помещение (температура воздуха выше 30 °C), где влажность или конденсат влаги существенно снижают сопротивление кожи и тела человека, изолирующие свойства вспомогательных средств и средств индивидуальной защиты.

В ДСТУ 2456–94 п. 7.13 указано, что источники питания ( установки ручной дуговой сварки) должны быть оборудованы блоками снижения напряжения. При этом род сварочного тока не уточняется. Однако в п. 7.2 того же ДСТУ подчеркивается: «Устройства, используемые для дуговой сварки, должны удовлетворять требованиям ГОСТ 12.2.007.8–75». В п. 2.4 ГОСТа речь идет об ограничителях напряжения холостого хода только для устройств ручной дуговой сварки на переменном токе. Таким образом, требования п. 7.13 ДСТУ 2456–94 по обязательному применению ограничителей напряжения холостого хода касаются только источников питания переменного тока при их эксплуатации в помещениях повышенной опасности и тем более в особо опасных помещениях.



Подобные требования содержатся и в других нормативных документах и стандартах безопасности труда. Например, в соответствии с действующим ГОСТ 12.3.003-86, 1. 2.8 (с изменениями от 01.10.89 г.) и 1. 6.7.81 ДНАОП 0.00-1.21-98 при ручной дуговой сварке переменным током покрытии электродами в помещениях повышенной опасности поражения электрическим током, а также в замкнутых и труднодоступных пространствах всегда следует использовать устройства ограничения напряжения холостого хода источника питания. Замкнутыми пространствами (помещениями) считают пространства, ограниченные поверхностями, имеющие люки (лазы), с размерами, препятствующими свободному и быстрому проходу через них работающих и затрудняющими естественный воздухообмен; труднодоступными следует считать такие пространства (помещения), в которых ввиду малых размеров затруднено выполнение работ, а естественный воздухообмен недостаточен.

Устройство снижения напряжения холостого хода должно обеспечить на выходных злеммах источника питания напряжение не выше 12 В в течение не более 1 с после прекращения сварки или увеличения сопротивления внешней сварочной цепи более 200 Ом.

Во избежание несчастных случаев и получения сварщиками электротравм необходимо строго соблюдать правила выполнения сварочных работ в опасных условиях и страховки сварщика, изложенные в п. 6.7.80 ДНАОП 0.00.1.21-98 и в разделе 4 ГОСТ 12.3.003-86 независимо от рода сварочного тока (постоянный или переменный). При выполнении любых сварочных работ покрытыми электродами следует использовать только электробезопасные электрододержатели, соответствующие требованиям ГОСТ 14651. Применение самодельных электрододержателей запрещается (п.п. 6.7.70 и 6.7.88 ДНАОП 0.00-1.21-98 «Правила безопасности эксплуатации электроустановок потребителей»).

**На вопрос отвечал  
канд. техн. наук В. В. Андреев**

(Окончание. Начало на стр. 13)

## УСТАНОВКА УИТ-50-2,4 ДЛЯ ТЕРМООБРАБОТКИ СВАРНЫХ ШВОВ ТРУБОПРОВОДОВ

Научно-производственное предприятие «Элтерм» занимается разработкой и изготовлением оборудования для индукционного нагрева металлов различного технологического назначения. Особое место в этом ряду занимают установки УИТ-50-2,4, предназначенные для термообработки сварных швов трубопроводов токами высокой частоты с автоматическим поддержанием заданных режимов термообработки.

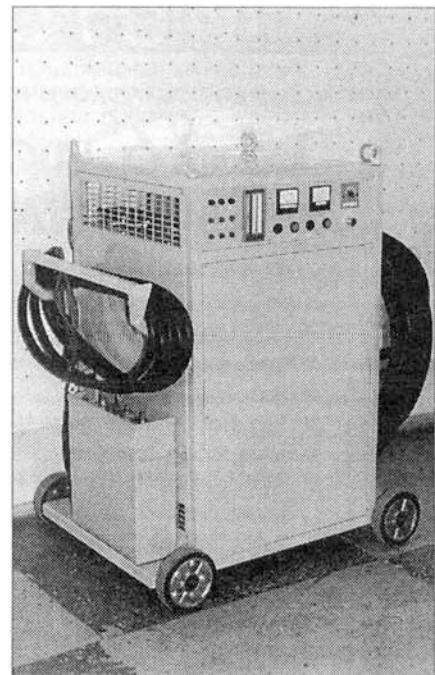
Первое поколение этих установок разработано и внедлено специалистами «Элтерма» в 1979 г. на предприятии «Уралэнергомонт». С 1980 г. установки для термообработки сварных швов трубопроводов успешно эксплуатируют на многих электростанциях СНГ.

Опыт эксплуатации УИТ-50-2,4 на ОАО «Уралэнергомонт», «Камэнергомонт», «КАЗэнергомонт», «Липецкэнергомонт», Ириклинской, Кармановской, Троицкой ГРЭС, Кировской, Магаданской, Воронежской, Красноярской ТЭЦ, в энергосистемах «Свердловэнерго», «Оренбургэнерго», «Одессаэнерго», «Липецкэнерго», «Алтайэнерго», «Нижновэнерго» и других подтвердил высокую их надежность, удобство в работе и экономичность.

В настоящее время НПП «Элтерм» выпускает новое поколение установок УИТ-50-2,4 на современной и доступной элементной базе. Особенно следует отметить возможность автоматического поддержания режимов термообработки в соответствии с РТМ-1С-89. Высокое качество и безопасность в эксплуатации установки подтверждено сертификатом соответствия, выданным органом по сертификации «Стандартэлектро».

### Техническая характеристика:

Максимальная мощность, кВт ..... 50  
Номинальная выходная частота, кГц ..... 2,4



Охлаждение .....	Воздушное
Коэффициент полезного действия, % .....	93
Габаритные размеры, мм .....	1200×700×700
Масса, кг .....	280
<b>Пределы задания режимов термообработки:</b>	
Температура, °С .....	596-840
Длительность выдержки, ч .....	1-5
Градиент отпуска, °С/ч .....	200-300

Небольшие габарит и масса установки позволяют легко перемещать ее по станции вместе с вспомогательной оснасткой (входные и выходные кабели, индукторный провод, компенсирующий конденсатор и пр.) на совмещенной с установкой транспортной тележке.

Измерение и регистрация температуры нагреваемой части трубопровода обеспечиваются встроенным в установку малогабаритным прибором, полностью замещающим КСП, а по точности и надежности превосходящим его.

Максимальный диаметр термообрабатываемого трубопровода достигает 1000 мм. Возможна одновременная обработка нескольких стыков трубопровода меньшего диаметра (например, четыре близко расположенных стыка диаметром 273 мм). ■ #23

**Л. И. Фаерман, канд. техн. наук.**

# Выставочные перспективы сварки

**Д**ва года назад, накануне выставки «Сварка'98», наш журнал опубликовал интервью с А. В. Краско — генеральным директором СП «Торговый Дом «Сварка» — известного широкой сварочной общественности Украины своей ролью устроителя этой, можно уже смело сказать, традиционной выставки.

Вряд ли кто из читателей сегодня сможет вспомнить, как это интервью было озаглавлено. Два года срок немалый для биологических процессов, а для экономических? Ну, хотя бы для микропроцессорных, например для «отдельно взятой» отрасли сварочного производства? Если верить уже забытому заглавию вышеупомянутого интервью: «Национальная выставка как индикатор состояния экономики», посетители предстоящей в октябре выставки «Сварка. Украина—2000» смогут получить ответ на этот вопрос непосредственно на стенах экспонентов.

С этого номера «Сварщик» начинает публикацию серии интервью с людьми, чье влияние на развитие отечественного сварочного производства весьма велико, поэтому их прогноз — «что увидим на предстоящей выставке» — может быть не просто интересным для потенциальных посетителей, но и полезным для потенциальных экспонентов с точки зрения выработки актуальной концепции представления своих производственных достижений.

Сегодня «Сварщик» в гостях у Президента Общества сварщиков Украины, канд. техн. наук В. Г. Фартушного...

**«Сварщик»: Владимир Григорьевич, как Вы пришли в сварку?**

**Владимир Фартушный:** Если честно, то совершенно случайно. После окончания средней школы в Симферополе я отправил документы в приемную комиссию Киевского политехнического института, горя желанием получить специальность технолога-машиностроителя, которых готовил механический факультет.

На вступительных экзаменах я набрал 24 бала из 25 (мы сдавали пять экзаменов). И каково же было мое удивление, когда в списках зачисленных в группу ТМ (технология машиностроения) я своей фамилии не нашел. Оказалось, что меня зачислили в группу сварщиков (ЗВ-24).

Возмущенный такой несправедливостью я отправился к зам. декана Льву Александровичу Бялоцкому для выяснения отношений. Лев Александрович, должен заметить, что это был милейший человек, в популярной форме мне объяснил, что группы скомплектованы таким образом, чтобы они были равнозначны по уровню знаний студентов. А если меня это не устраивает, то я могу забрать документы или, в крайнем случае, после третьего курса перейти в группу ТМ. Как Вы понимаете, документы я не забрал. Однако и перейти потом в другую группу желания у меня не возникло. Еще бы. Нам читали лекции такие корифеи сварки, как Константин Константинович Хренов, Иван Петрович Трочун, Владимир Иванович Дятлов, Михаил Михайлович Борт и многие другие. Именно они привили нам студентам любовь к этой профессии. Должен заметить, что мало кто изменил ей на протяжении всей своей жизни.

**C.: Помните ли Вы первую сварочную выставку или экспозицию, на которой довелось побывать в качестве посетителя?**

**В. Ф.:** Первая выставка? Думаю, что это был демонстрационный зал в институте электросварки им. Е. О. Патона, куда я был направлен на работу после окончания института в 1960 г. Это, конечно, не тот демонстрационный зал, который можно увидеть сегодня. Тот был достаточно скромный, но отражал практически все разработки института.

**C.: Согласны ли Вы с утверждением, что «национальная выставка — индикатор состояния экономики»?**

**В. Ф.:** Безусловно. На выставку везут все лучшее, что есть у производителя. Если раньше наблюдался диктат производителя, т. е. производитель навязывал в буквальном смысле слова свою продукцию, то сегодня все изменилось. Уже производитель готов удовлетворять любые «капризы» индивидуального потребителя. В этом случае выигрывает тот, кто располагает гибким высокотехнологическим производством, способным «поглощать» новации при минимальных затратах. Это и есть то, что мы называем конкурентной борьбой за рынки сбыта. Чтобы ее выигрывал отдельно взятый отечественный производитель, он должен опираться на хорошо развитую экономическую базу государства.



дарства. Обратите внимание на экспонаты любой выставки. Чем более развита экономика того или иного государства, тем более высокотехнологичные экспонаты демонстрируют фирмы, тем выше их конкурентоспособность. Поэтому я считаю, что любая выставка является индикатором состояния экономики государства.

**C.: Выставочные мероприятия в последнее время принято рассматривать как мощный инструмент продвижения товаров и услуг на рынок, т. е. коммерческая целесообразность участия в выставке уже мало у кого вызывает сомнение. Владимир Григорьевич, а как выставочные мероприятия непосредственно влияют на развитие отечественного сварочного производства?**

**В. Ф.:** Собственно, в первой части вопроса и заключается ответ. Чем в большем количестве выставок фирма предлагает свой товар, тем большая вероятность его реализации. Выставка — это один из мощнейших видов рекламы.

К большому сожалению, наши производители сварочного оборудования, сварочных материалов и технологий не так часто и объемно участвуют в различных выставках, как этого хотелось бы. Ведь участие в выставках требует определенных финансовых затрат. Но эти затраты, как правило, окупаются.

Обратите внимание на стремление зарубежных фирм участвовать как в национальных, так и в зарубежных выставках. Их знают, о них пишут, они себя рекламируют. Таким образом они борются за потребителя. В этом плане украинский производитель, в том числе и сварочного оборудования (материалов, технологий и т. п.), должен в корне пересмотреть свои позиции.

**С.: Что общего, а чем отличаются зарубежные (дальние и ближние) сварочные выставки от отечественных?**

**В. Ф.:** Зарубежные выставки, как и наши, бывают разные — более удачные и менее удачные. Но крупные, как правило, в дальнем зарубежье привлекают большое количество разных фирм, и они лучше организованы. Там сильнее развит выставочный бизнес. Мы и наши соседи в постсоветском пространстве этому учимся. И не безуспешно.

**С.: Ваш прогноз эволюционирования украинской сварочной выставки (копирование западных, российских или особый путь)?**

**В. Ф.:** По мере улучшения дел в экономике будет улучшаться и выставочный бизнес. Я не верю в какой-либо национальный выставочный бизнес. Он интернационален. Каждый раз устроители той или иной выставки используют лучшее, что они «посмотрели» у соседей и привносят свои «изюминки». Будет расширяться круг экспонентов. Я верю в то, что в самом недалеком будущем промышленность Украины возродится. А это значит, что будут востребованы новые сварочные материалы, оборудование,

технологии. Наилучший вид их презентации — выставки. И не только национальные.

**С.: Что Вы можете сказать об опыте участия украинских экспонентов в зарубежных выставках?**

**В. Ф.:** Сегодня украинские экспоненты хорошо известны в выставочных мероприятиях СНГ (С.-Петербург, Нижний Новгород, Минск и др.). Наиболее активными участниками таких выставок являются фирма «СЭЛМА» (Симферополь), Каховский завод электросварочного оборудования, ОАО «Техмаш» (Одесса).

Опыт представления отечественной сварки на выставках дальнего зарубежья имеет ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины. Хочется верить, да и в последнее время наметились некоторые положительные тенденции, что заметный количественный рост числа украинских посетителей зарубежных сварочных выставок в конце концов даст качественный скачок, и квадратные метры площади украинских экспонентов гостеприимно встретят заинтересованных коллег-сварщиков в Чикаго, Ганновере, Эссене и т. д. А пока нужно не терять времени, а учиться надлежащим образом выставочному делу. И здесь нашему с Вами журналу есть над чем поработать.

Популяризация успешного опыта лучших украинских экспонентов может стать определяющим элементом в процессе принятия положительного решения об участии в выставке.

**С.: Ваши пожелания потенциальным экспонентам?**

**В. Ф.:** Хочется пожелать, во-первых, смелости. Принять решение об участии в выставке непросто. Ведь риск большой, и деньги нужно вложить немалые. А с другой стороны, посмотрите, кто хоть однажды выступил успешно, тот участвует в выставках регулярно и все более успешно.

Во-вторых, смелость не должна быть бесшабашной. Готовиться нужно серьезно. Выставка — не три-четыре дня, а три-четыре месяца подготовки. Тогда и интерес к Вашей продукции будет длительным и непременно результативным.

И, в-третьих, не упустите выставку как шанс поучиться, присмотреться к лучшим идеям соседей по стенду. Ведь они тоже готовились не один день.

И тогда удача обязательно придет.

**С.: Спасибо, Владимир Григорьевич, за беседу и пожелания.**

**В. Ф.:** До встречи на выставке «Сварка. Украина-2000». ■ #24

## ВНИМАНИЮ СПЕЦИАЛИСТОВ!

Ассоциация технологов-машиностроителей Украины приглашает принять участие в международных конференциях и выставках:

**Научно-технический семинар  
“Машинобудування-  
2000”**

17–19 мая 2000 г. (Запорожье)

Семинар будет проводиться в рамках традиционной выставки «Машиностроение» в помещении Запорожской торгово-промышленной палаты.

На семинаре будут рассмотрены следующие вопросы:

- продукция машиностроительного комплекса Украины;
- новые материалы для машиностроения;
- прогрессивные технологии, технологическое оборудование;
- инженерия поверхности деталей и реновация изделий.

**8-я международная научно-техническая конференция  
“Технологии ремонта машин механизмов,  
оборудования”**

6–8 июня (Ялта)

На конференции будут рассмотрены следующие вопросы:

- организация технического обслуживания и ремонта машин и оборудования;
- управление ремонтным производством;
- упрочняющие технологии;
- механическая обработка упрочненных и восстановленных деталей;
- качество и надежность восстановленных деталей;
- метрологическое обеспечение ремонтного производства;
- экология ремонтно-восстановительных работ;
- промышленная экологичность изделий.

Научный руководитель конференции — Клименко Сергей Анатольевич, д-р техн. наук, директор Ассоциации технологов-машиностроителей Украины, заведующий отделом Института сверхтвердых материалов им. В. Н. Бакуля НАН Украины.

Секретарь семинаров и конференций, проводимых Ассоциацией технологов-машиностроителей Украины, — Главацкая Зоя Юрьевна, (044) 573-3040 (с 8.00 до 14.00), 430-8500.

# Термическая обработка сварных соединений

## 1. Назначение, виды и режимы термообработки

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

**С**варные соединения, выполненные дуговыми методами, непосредственно после сварки характеризуются неоднородностью структуры и свойств сварного шва, зоны термического влияния (ЗТВ), а также наличием в них сварочных напряжений.

Неоднородность структуры сварного соединения зависит главным образом от неравномерности нагрева металла при сварке. Металл шва в процессе сварки в расплавленном состоянии имеет температуру выше 150 °C, в то время, как соседние со швом участки металла нагреваются в меньшей

степени и находятся в твердом состоянии (рис. 1). Прочность и твердость металла шва обычно в 1,5–2 раза превышает эти характеристики в ЗТВ и основном металле. Также неравномерно распределяются в сварном соединении такие специальные свойства, как жаропрочность, хладостойкость, коррозионная стойкость. Такое ненасыщительное состояние металла усиливается действием сварочных напряжений, которые могут достигать значительных величин, близких к пределу текучести (250–350 МПа). Появление сварочных напряжений обусловлено неравномерностью нагрева различных зон сварного соединения и усадкой металла при охлаждении, структурными изменениями и жесткостью свариваемого изделия. Сварочные напряжения опасны тем, что могут вызвать появление трещин в сварных соединениях, особенно из легированных сталей. Кроме того, эти стали в производственных условиях при сварке быстро остывают, что приводит к образованию закалочных структур в сварном шве и ЗТВ, также способствующих образованию трещин.

Одним из основных средств повышения надежности сварных соединений является термическая обработка, в результате которой снижается уровень сварочных напряжений, улучшается структура и свойства металла соединения.

При строительно-монтажных работах и ремонте технологического оборудования, трубопроводов сварные соединения подвергают местной термообработке, при которой нагревают сварной шов, ЗТВ и участки основного металла, примыкающие к сварному шву с двух сторон. В отдельных случаях для сварных конструкций применяют полную (объемную) термообработку, когда сварную конструкцию нагревают целиком за один цикл (объемная термообработка шаровых резервуаров) или последовательно участками (восстановительная термообработка паропроводов и барабанов на тепловых электростанциях).

Необходимость проведения термообработки определяют научно-исследовательские институты при проведении опытных работ. При этом учитывают требования, предъявляемые к сварным соединениям, химический состав используемых металлов, эксплуатационные условия производства (температура, давление и коррозионная опасность рабочей среды, климатические условия и т. п.). Определяют вид термообработки, разрабатывают ее режимы и выпускают НТД (нормативно-технические документы), которые являются руководящим материалом при назначении и проведении термообработки. Термообработка обычно назначается для сварных соединений из перлитных закаливающихся сталей типа 12Х1МФ и т. п., реже термообработку предписывают для сварных соединений из перлитных низкоуглеродистых сталей типа 20 и низколегированной типа 09Г2С для снижения уровня сварочных напряжений в том случае, если эти стали работают в контакте с коррозионно-опасными средами (например, газ с высоким содержанием сероводорода). Как правило, каждая отрасль промышленности имеет свои НТД по термообработке сварных соединений, которые отражают особенности данного производства. Эти документы должны проходить согласование с инспекцией Госгортехнадзора.

Процесс термообработки состоит из трех последовательных этапов: нагрев до определенной температуры с заданной скоростью, выдержка при этой температуре в течение определенного времени и последующее охлаждение с заданной скоростью (рис. 2). Соблюдение регламентируемых значений этих параметров имеет большое значение для качества термообработки.

Высокая скорость подъема температуры из-за неравномерного прогрева свариваемой конструкции по толщине стенки приводит к возникновению значительных температурных (временных) напряжений, что может привести к образованию трещин, особенно в начальный период нагрева (до 500–550 °C).

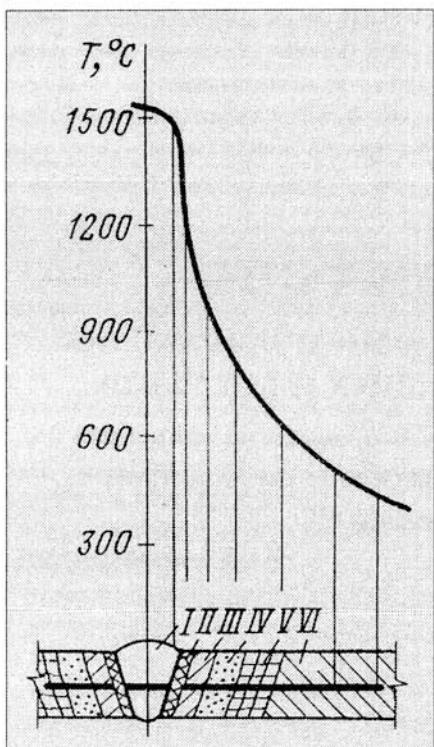


Рис. 1. Температурный график сварки трубы из хромомолибденонадиевой стали 12Х1МФ:

- I – сварной шов; II–VI – ЗТВ (II – участок неполного расплавления; III – участок закалки; IV – участок неполной закалки, V – участок отпуска); VI – участок основного металла вне ЗТВ

Требует точного соблюдения и регламентируемое время выдержки. Сокращение его не позволяет снизить сварочные напряжения до требуемых минимальных значений, а также не способствует процессу полного распада закалочных структур в сварном шве и ЗТВ легированных сталей перлитного класса. Это приводит к недостаточному снижению твердости. Увеличение времени выдержки может привести к разупрочнению сварного соединения, т. е. к значительному снижению механических свойств.

Повышение скорости охлаждения при отпуске выше  $400^{\circ}\text{C}/\text{ч}$  способствует возникновению значительных температурных напряжений, которые, складываясь со сварочными напряжениями, могут привести к образованию трещин (особенно у толстостенных сварных соединений). При охлаждении продолжается распад закалочных структур, поэтому повышенная скорость охлаждения нежелательна. В то же время при аустенитизации необходима высокая скорость охлаждения, которая способствует распаду ферритной составляющей структуры шва и ЗТВ. Для сварных соединений сталей перлитного класса обычно допускают охлаждение под слоем теплоизоляции без контроля температуры (практика показала, что при этом скорость охлаждения не превышает  $400^{\circ}\text{C}/\text{ч}$ ).

В строительно-монтажных и ремонтных условиях для сварных соединений технологических трубопроводов и оборудования применяют следующие виды термообработки: высокий отпуск, нормализацию, термический отжиг, стабилизирующий отжиг и аустенитизацию (см. рис. 2).

**Высокий отпуск.** При термообработке сварное соединение нагревают до температуры на  $20\text{--}30^{\circ}\text{C}$  ниже температуры критической точки  $A_{c1}$ , выдерживают в течение 1–5 ч и затем медленно охлаждают. При этом на 70–90% снижается уровень сварочных напряжений, происходят структурные изменения в сварном шве и ЗТВ, заключающиеся для низколегированных сталей в распаде закалочных структур, что в конечном итоге приводит к заметному снижению твердости и повышению пластичности металла. Высокому отпуску обычно подвергают сварные соединения труб из сталей перлитного класса.

При проведении высокого отпуска большое значение имеет точность соблюдения регламентируемого режима термообработки. Отклонение от заданного режима может привести к существенному ухудшению механических и специальных свойств сварного соединения.

**Нормализация.** Сварное соединение нагревают до температуры на  $20\text{--}30^{\circ}\text{C}$  выше температуры критической точки  $A_{c3}$ , выдерживают в течение непродолжительного времени и охлаждают на спокойном воздухе. Цель нормализации — получить однородную мелкозернистую структуру металла и улучшить механические свойства сварного соединения, а также снизить уровень сварочных напряжений. Нормализации чаще всего подвергают сварные соединения тонкостенных труб малого диаметра из низколегированных сталей перлитного класса, соединенные газовой сваркой, которые в исходном состоянии (после сварки) имеют крупнозернистую структуру с пониженными пластическими свойствами.

**Термический отжиг.** Сварное соединение нагревают до  $250\text{--}300^{\circ}\text{C}$  и затем выдерживают в течение нескольких часов. При термическом отжиге уменьшается содержание водорода в сварных соединениях, а также несколько снижается уровень сварочных напряжений. Отжиг обычно назначают для сварных соединений толстостенных конструкций, для которых трудно выполнить термообработку по режиму высокого отпуска.

**Аустенитизация.** Сварное соединение нагревают примерно до  $1080\text{--}1130^{\circ}\text{C}$ , выдерживают в течение 1–2 ч и охлаждают на воздухе. В результате аустенитизации удается получить однородную структуру аустенита, улучшить механические свойства стали и снизить уровень сварочных напряжений. Аустенитизацию подвергают сварные соединения трубопроводов из высоколегированных сталей аустенитного класса марок 08Х18Н10Т и др. Аустенитизация способствует снижению сварочных напряжений на 70–80% и повышению пластичности металла сварного соединения, при этом обеспечивается выравнивание структуры металла шва и ЗТВ.

Соблюдение температуры нагрева имеет большое значение для работоспособности сварного соединения. Когда термообработка протекает при температурах ниже регламентируемых, получить однородную аустенитную структуру невозможно, а превышение заданных температур может вызвать рост зерна в металле шва и тем самым повысить склонность металла к растрескиванию.

При восстановительной термообработке паропроводов ТЭС из стали 12Х1МФ применяют термообработку по режиму улучшения (нормализация с последующим высоким отпуском), для снижения уровня эксплуатационных и сварочных напряжений, а также восстановления структуры и свойств металла, изменившихся в процессе длительной эксплуатации и сварки.

**Стабилизирующий отжиг.** Сварное соединение нагревают до  $850\text{--}870^{\circ}\text{C}$ , выдерживают в течение 2–3 ч и охлаждают на воздухе. Такая термообработка приводит к снижению сварочных напряжений на 70–80% и обеспечивает стабильную структуру, хорошо противодействующую возникновению межкристаллитной коррозии. Стабилизирующий отжиг применяют для сварных соединений трубопроводов из высоколегированных сталей аустенитного класса марок 08Х18Н10Т и т. п.

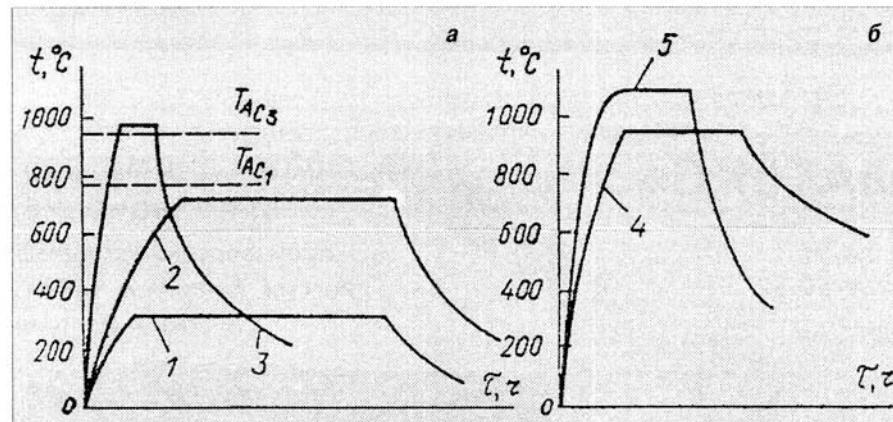


Рис. 2. График термообработки сварных соединений из стали 12Х1МФ (а) и хромоникелевой (нержавеющей) стали типа 12Х18Н9Т (б):  
1 — термический отжиг; 2 — высокий отпуск; 3 — нормализация; 4 — стабилизирующий отжиг; 5 — аустенитизация;  $T_{Ac1}$ ,  $T_{Ac3}$  — температуры критических точек структурных изменений  $A_{c1}$  и  $A_{c3}$

## Термическая обработка сварных соединений

### 1. Назначение, виды и режимы термообработки

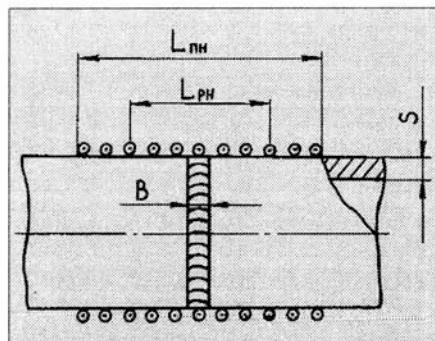


Рис. 3. Зоны полного и равномерного нагрева

Трубы из низкоуглеродистых и низколегированных сталей перлитного класса подогревают (особенно в зимнее время) до 100–300 °C, что предохраняет сварное соединение при сварке от быстрого охлаждения, приводящего к возникновению трещин в шве. Различают подогрев предварительный (до начала сварки) и сопутствующий (непосредственно в процессе сварки или во время перерывов в процессе сварки).

В понятие «режим термообработки сварного соединения», кроме вышеуказанных видов термообработки, температуры и скорости нагрева, времени выдержки, скорости (характера) охлаждения, входят значения зон полного и равномерного (в пределах температуры термообработки) нагрева (рис. 3), методы нагрева и контроля температуры.

В некоторых случаях также оговаривают время допустимого перерыва между окончанием сварки и началом термообработки,

толщину и ширину теплоизоляции сварного соединения. В зарубежной практике к режиму термообработки относят температуру предварительного и сопутствующего подогрева. Типовые режимы местной термообработки сварных соединений некоторых марок стали приведены в таблице.

Значение зоны полного нагрева  $L_{ph}$  (мм) равно ширине установленного на сварное соединение электронагревателя (см. рис. 3). Зона равномерного нагрева  $L_{ph}$  в пределах 30 °C (например, 710–740 °C) равна половине зоны полного нагрева  $L_{ph}$ :

$$L_{ph} = 0,5 L_{ph}.$$

Значение  $L_{ph}$  (мм), как правило, задается НТД и в общем случае равно ширине шва  $B$  плюс ширина участков, равных двум толщинам стенки  $S$  на каждую сторону от сварного шва:

$$L_{ph} = B + 4S.$$

■ #25

Таблица. Типовые режимы местной термообработки

Свариваемая сталь	Вид термо-обработки	Толщина стали, мм	Режим термообработки			
			Температура, °C	Скорость нагрева, °C/ч	Выдержка, ч, не менее	Характер охлаждения
Углеродистая марка 20	Высокий отпуск	>36 до 60	560–590	≤400	1,0	Под слоем теплоизоляции
		>60	560–590	≤300	2,0	
Низколегированная 09Г2С	То же	>30 до 60	560–590	≤400	1,0	То же
		>60	560–590	≤300	2,0	
Низколегированная 12Х1МФ	« «	>10 до 20	720–750	≤300	2,0	« «
		>20 до 60	720–750	≤200	3,0	
Высоколегированная 08Х18Н10Т	Аустенитизация	≤20	1080–1130	≥500	1,5	На воздухе
	Стабилизирующий отжиг	>20		≥400	2,0	
		≤20	850–870	≥500	2,0	То же
		>20		≥400	3,0	



ЧП «ГУМАТЕКС»

г. Киев,  
тел.: (044) 252-86-76  
тел./ф.: (044) 269-59-32

- Рукава кислородные Ø 6, 8, 9, 10, 12, 16 мм
- Рукава МБС Ø 6–100 мм
- Рукава пищевые Ø 10–50 мм
- Трубы ПВХ пищевые Ø 4–38
- Рукава ПВХ пищевые, садовые, вентиляционные
- Рукава полиуретановые (для абразивных материалов, отвода дыма при сварке)
- Газосварочное оборудование (АСП-10, резаки, горелки, редукторы, манометры, очки, щитки, маски, светофильтры)
- Хомуты GEMI Ø 10–115 мм

РУКАВА



любых диаметров  
и назначения  
производства Украины,  
России, Беларуси, Чехии,  
Словакии, Италии

# Сварочная проволока – новые возможности

**С. Е. Семенов, канд. техн. наук, ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины, В. А. Вихлевщук, докт. техн. наук, ИЧМ НАН Украины, М. В. Бринюк, директор фирмы «Кродекс»**

Украинские предприятия — традиционные изготовители проволоки для сварочных работ. Однако существенное расширение марочного сортамента сварочной проволоки стало возможным только в начале 90-х гг., когда на металлургическом комбинате «Криворожсталь» было освоено производство легированной катанки. Базовые технологии выплавки легированной стали в 150-тонных кислородных конвертерах и последующего передела слитков в катанку отрабатывались на стальях типа Св-08ГМ, Св-08ХМ, Св-08ГНМ, используемых для производства труб. Уже в 1992 г. были изготовлены первые промышленные образцы сварочных проволок указаных марок.

Наращивание, начиная с 1993 г., объемов собственного производства легированной проволоки позволило украинским предприятиям преодолеть зависимость от российских поставщиков. Были созданы условия для совершенствования сварочных проволок с целью более полного удовлетворения потребностей внутреннего рынка, появилась возможность экспорта легированной сварочной проволоки в Россию и другие страны.

Так, в короткие сроки была разработана оптимальная композиция и освоена технология изготовления унифицированной сварочной проволоки марки Св-08Г1НМА для производства труб. Налажен выпуск сварочных

проводок марок Св-10ГН, Св-10НМА, Св-08ГСНТ и подобных для судостроения, мостостроения и других отраслей промышленности.

Проволоку марки Св-08Г1НМА применяют при сварке под флюсом газонефтепроводных труб большого диаметра из сталей класса прочности от К52 до К65 с гарантированными требуемыми показателями ударной вязкости металла шва. Проволока этого типа перспективна и для выполнения сварочных работ при изготовлении других ответственных металлоконструкций из низколегированных сталей.

Новая для украинских предприятий продукция осваивалась с учетом традиционных требований к качеству, методам контроля и испытаний, принятых ранее в СССР и затем в странах СНГ. Разумеется, что несоответствие ряда позиций этих требований стандартам промышленно развитых стран сдерживает продвижение достаточно экономичной сварочной проволоки отечественного производства на западный рынок.

Институтами электросварки им. Е. О. Патона и черной металлургии НАН Украины совместно с фирмой «Кродекс» разработана нормативная документация на низкоуглеродистую и легированную сварочную проволоку, которая по своему качественному уровню соответствует требованиям стандартов про-

мышленно развитых зарубежных стран (таблица).

Для дуговой сварки под флюсом согласно техническим условиям ТУУ 05416923.029-97 изготавливают сварочные проволоки марок Св-08А, Св-08ГА, Св-10Г2, Св-08ГМА, Св-08Г1МА, Св-08Г2МА и Св-10ГН, для дуговой сварки в среде защитных газов согласно ТУУ 05416923.028-97 — сварочные проволоки марок Св-09ГСА, Св-09Г1СА, Св-09Г2СА и Св-08ГСНТ. В марочный сортамент включена также широко применяемая в данное время в странах СНГ проволока марки Св-08Г2С. Базовое легирование стали выполняют согласно ГОСТ 2246, ТУ 14-3-373-95 и зарубежным стандартам.

По согласованию с потребителями сталь для проволоки изготавливают с низким содержанием серы: не более 0,010% — для молибденодержащих марок и не более 0,015% — для остальных.

В соответствии с рекомендациями зарубежных стандартов массовая доля остаточных легирующих элементов (хрома, никеля, молибдена) не превышает 0,15%. На основании проведенных исследований в никель- и молибденодержащих стальях ограничена массовая доля кобальта и вольфрама: соответственно не более 0,10 и 0,05%.

Проволоку изготавливают номинальным диаметром от 1,6 до 5 мм с отклонениями  $\pm 0,03$  и  $\pm 0,06$  мм для диаметров до 3,0 мм и более.

Предусмотрена поставка проволоки с медным покрытием.

В дополнение к традиционным методам контроля химического состава, качества поверхности, точности размеров, механических свойств и других параметров проводят испытания сварочно-технологических характеристик поставляемой проволоки. Испытания позволяют оценить качество формирования шва, потери металла на угар и разбрзгивание при сварке, а также определить механические свойства сварного шва.

Процедура оценки механических свойств металла шва либо наплавленного металла

**Таблица. Соответствие сварочных проволок отечественного производства зарубежным аналогам**

Марка сварочной проволоки	Обозначение проволоки согласно зарубежным стандартам		
	Германия	Европейский Союз	США
Св-08А	S1	S1	EL8
Св-08ГА	S2	S2	EM12
Св-10Г2	S4	S3-S4	EH14
Св-08ГМА	S2Mo	S2Mo	EA1
Св-08Г1МА	S3Mo	S3Mo	EA2
Св-08Г2МА	S4Mo	S4Mo	EA3
Св-10ГН	S2Nil	S2Nil	ENil
Св-09ГСА	G1	G2Sil	ER70S-2
Св-09Г1СА	G2	G3Sil	—
Св-09Г2СА	G3	G4Sil	ER70S-6
Св-08ГСНТ	—	G3Nil	ER80S-Nil

(Окончание на стр. 29)

# Покрытые электроды для ручной дуговой сварки алюминия и его сплавов

*Н. В. Скорина, В. С. Машин, кандидаты техн. наук, ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины*

**В** последнее время все больше возникает потребность в восстановлении и ремонте деталей, узлов и конструкций сельхозмашин, автомобилей, трубопроводов и емкостей различного назначения из литейных и деформируемых алюминиевых сплавов. Распространенный способ аргонодуговой сварки—наплавки вольфрамовым электродом требует тщательной подготовки свариваемых кромок и электродной проволоки, дорогостоящих вольфрамовых электродов, инертных газов, сложного сварочного оборудования, высокой квалификации операторов.

Наиболее доступным и дешевым способом сварки и ремонта изделий является сварка покрытыми электродами, которую можно легко применять в полевых условиях и в небольших ремонтных мастерских.

На протяжении многих лет в Украине в промышленных масштабах используют в основном покрытые электроды марок ОЗА-1 (для сварки технически чистого алюминия) и ОЗА-2 (для сварки силуминов), которые выпускает АО «Спецэлектрод» (Москва). Однако из-за низкой прочности и высокой гигроскопичности покрытия, сильного разбрызгивания металла при сварке, плохой отделимости шлаковой корки, невысокого качества швов и необходимости высокотемпературного подогрева свариваемого металла они не соответствуют современным требованиям.

На ряде предприятий Украины имеется положительный опыт применения алюминиевых покрытых электродов, выпускаемых известными европейскими фирмами — ESAB, Castolin и др. Однако высокая стоимость этих электродов (в 3–11 раз выше стоимости электродов, выпускаемых АО «Спецэлектрод») ограничивает их использование в требуемых объемах.

В ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины разработаны новые электроды серии УАНА для дуговой сварки и наплавки деталей и конструкций из деформируемых и литейных алю-

миниевых сплавов. Защита расплавленного металла от окружающей среды у разработанных электродов осуществляется главным образом за счет шлака, образующегося при плавлении покрытия. Основу покрытия составляют фториды и хлориды щелочных и щелочноземельных металлов.

Отработана технология производства электродов. Поскольку жидкое стекло (водный раствор силиката натрия и/или калия) — традиционное связующее покрытий электродов, предназначенных для сварки сталей, под влиянием растворимых хлоридов и фторидов щелочных и щелочноземельных металлов коагулирует и теряет вяжущие свойства, в новых электродах использовано связующее, совместимое с сильными электро-

литами. Выбраны оптимальные условия термообработки электродов.

Основные характеристики алюминиевых электродов серии УАНА представлены в табл. 1 и 2.

Коэффициент наплавки 6,0–6,8 г/(А·ч). Расход электродов на 1 кг наплавленного металла 2,0–2,2 кг. Электроды поставляют в водонепроницаемой упаковке. Перед употреблением электроды необходимо прокалить при температуре 150–200 °C в течение 1–1,5 ч. Прокаленные электроды должны храниться в герметичной упаковке. Время между прокалкой и сваркой не должно превышать 24 ч.

(Окончание на стр. 32)

**Таблица 1. Основные характеристики покрытых электродов для сварки алюминия**

Марка электрода	Марка проволоки	Диаметр проволоки, мм	Свариваемые сплавы	Рекомендуемый предварительный подогрев сплавов, °C
УАНА-1	СвА5	3,15; 4,0; 5,0; 6,3	АД00; АД0; АД1; АД	200–350
УАНА-2	СвАК5	3,15; 4,0; 5,0; 6,3	АД31, АД33, АД35, АЛ9, АЛ11, АЛ34 и др.	150–300
УАНА-3	СвАК10	3,15; 4,0; 5,0; 6,3	АЛ2, АЛ4, АЛ30 и др.	150–300
УАНА-4	СвАМц	4,0; 5,0; 6,3	ММ, АМц, АМцС	150–300
УАНА-5	СвАМг5	3,15; 4,0; 5,0	АМг2, АМг3, АМг4, АМг5	100–200
УАНА-6	СвАМг6	3,15; 4,0; 5,0	АМг3, АМг4, АМг5, АМг6	100–200

**Таблица 2. Режимы сварки электродами серии УАНА**

Параметр	Диаметр электрода, мм			
	3,15	4,0	5,0	6,3
Рекомендуемые значения тока, А, при положении шва:				
нижнем	80–110	100–130	130–160	160–180
вертикальном	80–100	90–130	120–150	150–170
Толщина свариваемого металла, мм	3–5	4–10	8–14	12–16
Рекомендуемая температура предварительного подогрева металла, °C	100–200	150–250	200–350	200–350
<i>Примечание. Рекомендуемые значения даны для сварки стыковых соединений листовых конструкций.</i>				

# Снижение ресурсоемкости сварных соединений при проектировании металлоконструкций и технологических процессов

С. К. Павлюк, И. М. Кузменко, Могилевский машиностроительный институт

**М**ашиностроительные конструкции изготавливают с применением различных способов сварки. Расход сварочных материалов (электродов, электродной проволоки, защитных газов) и, в особенности, электроэнергии на этапе проектирования конструкции инженерами не минимизируется. Не обращается должного внимания на выбор способа сварки, трудоемкость работ и т. п. В процессе проектирования конструкции часто не увязывают такие факторы, как конструктивные формы, технологичность изготовления, работоспособность и долговечность.

Сварные соединения проектируют в соответствии с ГОСТ 1533–75, 11534–75, 15164–78, 8713–79, 23518–79, 5264–80, 16037–80. Эти стандарты были разработаны в период, когда не так остро стояла проблема ресурсосбережения. В частности, принималось, что в структуре себестоимости сварных конструкций расходы на электроэнергию составляют 5–7%, и поэтому полагалось, что существенно изменить себестоимость за счет этой статьи нельзя. Такой же подход был к оценке влияния на стоимость конструкции массы наплавленного металла и расхода сварочных материалов.

В стандартах не содержится оценки швов

по ресурсоемкости, проектировщики недостаточно внимания уделяют выбору типов соединений, назначают необоснованно завышенные калибры швов и их протяженность. В результате масса наплавленного металла в сварных конструкциях достигает 19–21 кг на 1000 кг массы конструкции против 9–11 кг в развитых странах и лучших конструкциях отечественной разработки.

**Металлоемкость сварных конструкций.** Сварные конструкции, выпускаемые предприятиями Республики Беларусь, имеют излишнюю массу, превышающую в 1,2–2,5 раза массу лучших зарубежных образцов. При этом расходуется по массе в два раза больше наплавленного металла, чем требуется для обеспечения надежности, долговечности и несущей способности конструкций.

Избыточная масса наплавленного металла отрицательно отражается на точности изготовления и работоспособности конструкций. Высокий уровень остаточных сварочных напряжений и упругой энергии ограничивает долговечность конструкции.

В качестве примера в табл. 1 приведены массовые характеристики грузовых автомобилей, выпускаемых в Республике Беларусь

и за рубежом. Коэффициент  $K$  — отношение грузоподъемности автомобиля к его собственной массе. Чем выше этот коэффициент, тем более рационально используется материал. Как видно из таблицы, зарубежные марки имеют более высокие показатели, так как у них коэффициент  $K$  близок к 2.

Совершенствование сварных конструкций — важный резерв повышения качества и конкурентоспособности продукции. Для этого необходимо модернизировать сварные конструкции на основе точных прочностных расчетов с использованием метода конечных элементов (программные комплексы «Cosmos», «Зенит», «Ansys» и др.), ресурсных расчетов, характеристик сопротивления усталости и хрупкому разрушению. Необходимо серьезное изучение конструкций известных фирм с целью снижения массы отечественных изделий, выбора рациональных типов сварных узлов и соединений, в которых исключается влияние квалификации рабочих на качество.

**Коэффициент ресурсоемкости.** Для рационального выбора типов соединений и оценки расхода материалов, электроэнергии и трудозатрат при выполнении швов сваркой плавлением авторы предлагают

Таблица 1. Массовые характеристики автомобилей

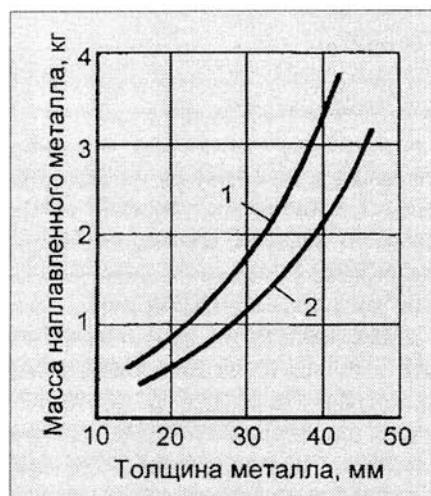
Марка автомобиля	Собственная масса, кг	Грузоподъемность, кг	Коэффициент $K$
Магирус 2320191	6000	11500	1,92
Магирус 232019К	6000	10000	1,67
Магирус 2900241	7565	16600	2,20
Магирус 290026К	7565	14500	1,92
Мерседес-Бенц 22329	8930	14000	1,57
МАЗ-5549	7225	8000	1,11
Татра-13891	9600	12700	1,32
Татра-14891М	10700	15000	1,40
БелАЗ-548А	21000	28000	1,33
БелАЗ-549	66900	75000	1,12
БелАЗ-7519	85000	110000	1,29

Таблица 2. Коэффициент ресурсоемкости

стыковых сварных соединений  
(сварка под флюсом листов толщиной 18 мм  
на переменном токе)

Конструктивный вариант шва по ГОСТу	Масса наплавленн. металла на 1 м шва, кг	Расход электроэнергии на 1 м шва, кВт/ч	Коэффициент $Res$
C30 (без разделки кромок)	0,85	3,23	1,0
C18 (с V-образной разделкой кромок)	1,56	5,92	1,83
C33 (с X-образной разделкой кромок)	1,26	4,79	1,36

## Снижение ресурсоемкости сварных соединений при проектировании металлоконструкций и технологических процессов



**Рисунок. Зависимость массы наплавленного металла от геометрии шва**

ввести новый показатель — коэффициент ресурсоемкости Res.

Ресурсоемкость выполнения шва пропорциональна массе наплавленного и проплавленного металлов. Коэффициент Res является отношением массы наплавленного или проплавленного металла в проектируемом варианте к массе наплавленного или проплавленного металла в базовом, его легко определить из соотношения площадей сечений сравниваемого или проектируемого шва и базового шва. В качестве базового принимают шов с минимальной площадью сечения. Например, это могут быть швы, выполненные с полным проваром: стыковые без разделки кромок, тавровые и угловые с полным проваром.

Площади сечений швов в проектируемом варианте определяют по проектным размерам швов из чертежей, рассчитывают для выбранных режимов сварки или измеряют путем планиметрирования макрошлифов.

В общем случае коэффициент ресурсоемкости

$$Res = (F_h + F_{pr}) / (F_{h,баз} + F_{pr,баз}),$$

где  $F_h$ ,  $F_{pr}$ ,  $F_{h,баз}$ ,  $F_{pr,баз}$  — площади соответственно наплавленного электродного

и проплавленного основного металлов проектируемого и базового швов.

Чем больше 1 величина Res, тем выше расход сварочных материалов, электроэнергии и трудозатрат на выполнение единицы длины шва. Для стандартных стыковых швов разных типов Res находится в пределах 1–1,8.

Введение новой характеристики сварных соединений позволяет ранжировать их по ресурсоемкости и выделять типы швов, предпочтительные для применения в условиях энергетического кризиса и высоких цен на сварочные материалы, оценивать эффективность замены одного типа шва другим, рационально проектировать сварную конструкцию и технологический процесс ее изготовления.

Государственные стандарты для одной и той же толщины металла и типа сварного соединения предусматривают несколько вариантов конструкции шва без указания каких-либо приоритетов. Между тем, в отношении расхода ресурсов разные варианты соединений неравнозначны. По шлифам стыковых соединений сварки под флюсом определены площади наплавленного металла и его расход на 1 м шва для трех основных типов стыковых сварных соединений (табл. 2).

В отличие от приведенных в табл. 2 значений расхода наплавленного металла и электроэнергии, коэффициент ресурсоемкости для соединений одного конструктивного варианта практически не изменяется при изменении толщины свариваемого металла, так как в этом случае сохраняется геометрическое подобие сварных швов.

Коэффициент ресурсоемкости является

универсальным показателем и четко отражает расход сварочных материалов, электроэнергии и трудоемкость сварочных работ. При одной и той же толщине свариваемого металла или катете шва масса наплавленного металла зависит от геометрии швов, которая регламентируется ГОСТом в определенном диапазоне.

Например, для стыковых соединений типа С30 по ГОСТ 8713–79 эта зависимость показана на *рисунке* в виде области, ограниченной двумя кривыми. Кривая 1 построена для швов с максимально допустимой выпуклостью, кривая 2 — с минимальной. Область между ними характеризует возможности снижения массы наплавленного металла за счет рационального выбора режимов сварки, т. е. отклонения в размерах, допускаемых стандартом, оказывают влияние на ресурсоемкость соединений. Для соединений типа С30 допустимые отклонения таковы, что при выборе режимов, обеспечивающих минимум наплавленного металла, экономия сварочных материалов может составить 28–40%.

**Рекомендации по снижению расхода электроэнергии.** Только за счет выбора рациональной конструкции шва экономия электроэнергии составляет 38–45% (швы основных типов). Пересмотр технической документации и технологических процессов в этом направлении позволяет реализовать имеющиеся возможности.

Уменьшение диаметра электродной проволоки при сварке под флюсом и в  $\text{CO}_2$  приводит к снижению расхода электроэнергии на 1 кг наплавленного металла. Выбором сварочных электродов можно добиться снижения расхода

**Таблица 3. Рекомендации по назначению катетов сварных швов при переходе с ручной дуговой и механизированной сварки в  $\text{CO}_2$  на автоматическую сварку в  $\text{CO}_2$  под флюсом**

Расчетная толщина катета, мм	Катет шва при сварке, мм ручной и механизированной	автоматической	Коэффициент Res
3,0	4,0	3,0	0,56
4,0	5,0	4,0	0,64
5,0	6,5	4,5	0,56
6,0	7,5	5,5	0,53
7,0	9,0	6,5	0,52
8,0	10,0	7,5	0,56
9,0	11,5	8,5	0,59
10,0	12,5	9,5	0,56
11,0	13,5	10,0	0,54
12,0	15,0	11,0	0,58
13,0	16,5	12,0	0,53
14,0	17,5	13,0	0,57
15,0	19,0	14,0	0,53

электроэнергии. Например, при сварке на постоянном токе покрытыми электродами марки МР-3 расход составляет 2,8 кВт·ч/кг. Этот показатель снижается до 2,18 кВт·ч/кг при сварке на переменном токе электродами АНО-5.

При переходе с ручных и механизированных способов сварки на автоматизированные удельный расход электроэнергии снижается с 5–6 кВт·ч/м до 3,5–4 кВт·ч/м. При переходе от ручной сварки к механизированной в CO<sub>2</sub> и к автоматической сварке значения катетов швов изменяются в сторону уменьшения. При замене полуавтоматической и ручной дуговой сварки на автоматическую можно снизить катеты швов и получить существенную экономию электродных материалов и, соответственно, электроэнергии (табл. 3).

**Выбор типа шва по коэффициенту ресурсоемкости.** Швы, выполняемые сваркой плавлением, могут быть разделены на два вида. Швы первого вида образуются преимущественно за счет наплавленного металла, при этом доля проплавленного основного металла в металле шва относительно невелика.

Швы второго вида образуются за счет проплавления основного металла (сварка неплавящимся электродом) при отсутствии или небольшой доле наплавленного металла.

Приведем рекомендации по проектированию сварных швов с учетом коэффициента Res для различных типов швов.

В качестве базовых для стыковых швов рекомендуется принимать:

- для толщин до 10 мм — бескосый шов без зазора (толщины до 5 мм) или с зазором 2 мм для толщин выше 5 мм (при значениях коэффициента формы провара 3–4 и коэффициенте формы валика 7–10);
- для толщин больше 10 мм — шов с X-образной разделкой.

**Таблица 4. Значения коэффициента ресурсоемкости стыковых швов**

Толщина листа, мм	Тип базового шва	Площадь наплавленного металла базового шва, мм	Тип проектируемого шва	Площадь наплавленного металла проектируемого шва, мм <sup>2</sup>	Коэффициент Res
До 5	1	3,3–7,5	3	37,5	11,36–5,0
			4	37,5	11,36–5,0
5–10	2 (a=2 мм)	23,5–86,1	3	37,5–125	1,60–1,45
			4	37,5–100	1,60–1,16
10–20	5	125–225	3	120–310	0,96–1,38
			4	100–340	0,80–1,51
			6	150–250	1,20–1,11
			7	100–210	0,80–0,93
20–30	5	225–425	3	310–650	1,38–1,53
			4	340–625	1,51–1,47
			6	250–440	1,11–1,04
			7	210–375	0,93–0,88

**Таблица 5. Значения коэффициента ресурсоемкости угловых швов**

Толщина листа, мм	Тип базового шва	Площадь наплавленного металла базового шва, мм	Тип проектируемого шва	Площадь наплавленного металла проектируемого шва, мм <sup>2</sup>	Коэффициент Res
До 10	1	20–60	2	50–100	2,5–1,67
			3		
10–20	1	60–225	2	100–320	1,67–1,42
			3	75–200	1,25–0,89
20–30	1	225–500	2	320–600	1,42–1,20
			3	200–380	0,89–0,76
10–20	3	75–200	1	60–225	0,80–1,13
			2	100–320	1,33–1,60
20–30	3	200–380	1	225–500	1,13–1,32
			2	320–600	1,33–1,58

Для выбора преимущественного типа проектируемого стыкового шва следует пользоваться данными, приведенными в табл. 4.

В качестве базовых для угловых швов при толщинах до 30 мм рекомендуется использовать бескосый шов без зазора, а для толщин более 30 мм — шов с двухсторон-

ним скосом. Выбор проектируемого шва при этом производится с использованием данных табл. 5. В случае, когда коэффициент больше единицы, следует отдавать предпочтение базовым типам швов, а при коэффициенте меньше единицы — проектировать швы с меньшим значением коэффициента ресурсоемкости. ■ #28

(Окончание. Начало на стр. 25)

предусматривает сварку специальных испытательных образцов на регламентированных режимах и определение категорий прочности и ударной вязкости в соответствии с разработанной градацией. В случае необходимости желаемую для потребителя процедуру выполнения сварочных работ, типы применяемых сталей, сварочных флюсов либо защитных газов устанавливают соглашением сторон при заказе. Предусмотрено также проведение рентгенпросвечивания швов испытуемых образцов.

Проволоку в зависимости от требований потребителя поставляют в катушках, бухтах или мотках в соответствии с ГОСТ 2246. Вместе с тем, техническими условиями предусмотрена возможность намотки проволоки на большегрузные катушки массой 1 т и малогабаритные катушки (кассеты) массой 5–15 кг.

Разработана ресурсосберегающая технология выплавки легированных, в том числе молибден- и никельсодержащих, сталей для сварочной проволоки с пониженным содержанием вредных примесей. Производство на всех переделах, включая слитки, катанку,

проводок, осуществляется под контролем высококвалифицированных специалистов ИЧМ НАН Украины.

Технологические испытания изготовленных сварочных проволок в соответствии с требованиями новых технических условий проводятся в испытательных лабораториях ИЭС им. Е. О. Патона, аккредитованных Госстандартом Украины.

Наличие сварочной проволоки, изготавливаемой в соответствии с новыми ТУ, позволит украинским потребителям отказаться от покупки аналогичной импортной проволоки. ■ #26

# Специальная одежда для сварщиков

**В. А. Метлицкий**, канд. техн. наук, ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины

Производство специальной одежды для сварщиков и ее рациональное использование — одно из важнейших условий обеспечения безопасности труда, профилактики травматизма и профессиональной заболеваемости. Для защиты от излучения, брызг расплавленного металла, механических повреждений, переохлаждения при работе на открытом воздухе в холодное время года сварщики используют специальную одежду (костюмы, халаты, фартуки, рукавицы, перчатки) и другие средства индивидуальной защиты.

Спецодежду выбирают в зависимости от способа сварки и условий труда в соответствии с ГОСТ 12.4.103-83 «ССБТ. Одежда специальная защитная. Средства индивидуальной защиты ног и рук. Классификация» (таблица).

Большое количество видов сварки и различные климатические условия определяют дифференцированный выбор материалов и тканей. Так, спецодежду, используемую в зимний период, необходимо изготавливать из тканей с низкой воздухопроницаемостью, а летнюю спецодежду — из тканей с высокой воздухо-

проницаемостью. Для верха костюма применяют ткани с ограниченной огнестойкостью, малой массой и незначительной жесткостью.

Особенностью большинства костюмов для сварщиков является наличие защитных накладок, расположенных спереди и сзади на куртке и брюках. Защитные накладки должны отличаться высокой огнестойкостью и износостойкостью. Ткани и материалы, из которых изготавливают костюмы, должны иметь хорошие гигиенические и защитные свойства, а также одинаковый срок службы.

**Таблица. Выбор специальной одежды в зависимости от вида сварки и условий труда**

Вид сварки	Условия труда	Назначение спецодежды	Рекомендуемая спецодежда
Покрытыми электродами, порошковыми кислородом газами в угле-кислом газе	Внутри замкнутых пространств с предварительным подогревом до 400 °C	Защита тела от повышенных температур и интенсивного разбрызгивания изделий до расплавленного металла	Изолирующий искростойкий и термостойкий костюм в комплекте с охлаждающими элементами
	То же с предварительным подогревом до 150 °C	Защита передней части тела от повышенных температур и интенсивного разбрызгивания металла	Брезентовый костюм с огнестойкой пропиткой с защитными накладками из искростойкого и термостойкого материала в комплекте с охлаждающими элементами
	В производственном помещении	Защита тела от интенсивного разбрызгивания металла в условиях нормального микроклимата	Брезентовый костюм с огнестойкой пропиткой с защитными накладками из спилка (ТУ17-08-237-85)
На открытом воздухе в теплый период года	То же в условиях повышенных температур воздуха	Костюм из облегченного брезента с защитными накладками из брезента с огнезащитной пропиткой (ТУ17-08-123-85, тип А)	
То же в холодный период года	То же в условиях пониженных температур воздуха	Брезентовый костюм с огнестойкой пропиткой и с защитными накладками из искростойкого материала с полимерным покрытием в комплекте с утепленными прокладками в зависимости от климатических зон страны (ТУ17-08-122-85, тип Б)	
В инертных газах	В производственных помещениях	Защита передней части тела и лица от электромагнитных излучений оптического диапазона (ультрафиолетового) и незначительного разбрызгивания металла	Костюм из облегченного брезента с защитными накладками из ткани фенилон, стойкой к облучению; костюм из фенилоно-хлопковой ткани (ТУ17-08-325-91); халат из фенилоно-хлопковой ткани (ТУ17-08-326-91)
Под флюсом	То же	Защита от незначительного и случайного разбрызгивания горячего шлака и окалины	Брезентовый костюм с огнезащитной пропиткой (ТУ17-08-237-85)

## Специальная одежда для сварщиков

Требования к защитным свойствам и эксплуатационным показателям тканей и материалов для спецодежды сварщиков регламентированы ГОСТ ССБТ 12.4.105-86.

Производство мужских костюмов из брезента с огнезащитной пропиткой и защитными накладками из кожевенного спилка (ТУ 17-08-237-91) было освоено на Криворожской швейной фабрике. Макеевская швейная фабрика (Донецкая обл.) изготавливала летние костюмы из облегченного брезента с защитными накладками из брезента с огнестойкой пропиткой (ТУ 17-08-123-85) в комплекте с фартуками, а также зимние костюмы из брезента с огнезащитной пропиткой и защитными накладками из искростойкого пленочного материала «эластоискоха» (ТИИ ИМ-1) в комплекте с пристегивающейся подкладкой и утепленным бельем согласно ТУ 17-08-122-85.

В ИЭС им. Е. О. Патона на основе изучения условий труда сварщиков в сотрудничестве с другими НИИ и организациями разработана и внедрена спецодежда различного функционального назначения: брезентовая с наклад-

ками из кожевенного спилка для выполнения сварочных работ в условиях повышенного разбрзывания распиленного металла; из фенилоно-хлопковой ткани, защищающей от интенсивного ультрафиолетового излучения при аргонодуговой сварке на больших токах; из искростойкого пленочного материала ИМ-1 для работ на открытых площадках и др.

Совместно с Киевским домом моделей рабочей одежды разработан комплект всесезонной одежды (ТУ 17 Украины 14-15-94): куртка с пристегивающимся капюшоном, имеющая центральную боковую застежку («молния»), два верхние и два боковые кармана, вентиляционные отверстия и полоски сигнального цвета по линии кокетки спинки, и брюки с пристегивающейся утепляющей подкладкой, откидывающейся передней частью и карманами в боковых швах (рисунок). Передней части рукава придан изгиб, соответствующий среднему суставному углу между плечом и предплечьем руки при основной рабочей позе сварщика (примерно 120°). Такой изгиб уменьшает нагрузку на руки сварщика на 25–30%.

Комплект объемной утепляющей подкладки на ватине также состоит из куртки и брюк, снабженных пуговицами для пристегивания к верхнему костюму. Воротник вы-

полнен в виде стойки, низ рукавов и брюк заканчивается трикотажными манжетами.

Летний вариант одежды (ТУ 17 Украины 14-16-94) представляет собой тот же костюм, но без утеплительной подкладки.

Основные материалы, используемые в костюме, — льняная парусина с огнестойкой пропиткой, палаточно-плащевое гладокрашенное полотно с пропиткой.

Опытные партии летней и зимней спецодежды усовершенствованной модели были испытаны на ряде предприятий Украины в различных условиях сварочного производства. Замечания по результатам производственных испытаний учтены в окончательном варианте изготовления спецодежды.

На Макеевской швейной фабрике рабочей спецодежды разработана технология изготовления нового вида спецодежды, подготовлена техническая и нормативная документация для серийного производства костюмов для сварщика. Выпущены первые партии.

Применение сварщиками и рабочими родственных специальностей (наплавщики, резчики и др.) разработанной спецодежды позволяет обеспечить удобство и безопасность работы, а также значительно сократить количество простудных заболеваний и случаев травматизма. ■ #29

(Окончание. Начало на стр. 26)

Кромки свариваемого металла перед сваркой рекомендуют подогреть газовым пламенем или в печи. Температура предварительного подогрева выбирают в зависимости от марки и толщины свариваемых деталей (табл. 2). Следует учитывать, что для алюминиевых сплавов режимы сварки и температура предварительного подогрева могут быть даны лишь ориентировочно, так как вследствие большой теплопроводности на

выбор параметров сварки кроме толщины металла и его химического состава значительно влияют конфигурация и размеры изделий.

Сварку алюминиевыми электродами выполняют на постоянном токе обратной полярности. В качестве источников питания используют сварочные выпрямители типа ВД-306 с крутопадающей вольтамперной характеристикой и плавной регулировкой напряжения на дуге. При двухсторонней сварке металла толщиной до 10 мм разделку свариваемых кромок обычно не произво-

дят. Шлак удаляют с помощью стальных щеток и горячей воды.

Электроды УНА обеспечивают достаточно высокую стабильность горения дуги, хорошее формирование шва, в том числе в вертикальном положении, легкую отделимость шлаковой корки и высокие механические свойства металла шва. Покрытие электродов характеризуется низкой гигроскопичностью и высокой механической прочностью.

Производство новых электродов освоено в ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины. ■ #27

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

**Сварщик**

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

**22405**

# Проблемы аттестации сварщиков и пути их решения

**Н. И. Дуда**, главный сварщик ДЗМК им. И. В. Бабушкина, руководитель Приднепровской региональной рабочей комиссии

Просматривая в очередной раз тарифно-квалификационную характеристику электрогазосварщика, невольно задумываясь над тем, как много должен знать и уметь электросварщик пятого разряда. Если судить о его теоретических знаниях, то они должны соответствовать знаниям инженера-сварщика или, по крайней мере, знаниям техника. Посудите сами: в программе теоретического обучения отражены вопросы электротехники, черчения (допуски и посадки), металловедения, механизации сварочного производства, технологии электрической сварки плавлением, контроля качества, нормирования и многие другие. Отсутствуют только требования иностранного языка. Такое впечатление, что мы должны готовить не электросварщиков, а специалистов по теории сварки. Но на практике получается наоборот.

Можно привести множество примеров, которые свидетельствуют о том, что человеку с образованием 8–10 классов очень сложно объяснять такие темы, как кристаллизация металла шва, взаимодействие металла со шлаками, образование пор и другое. Здесь можно возражать, так как каждый преподаватель излагает материал по своей методике. Но если учитывать тот фактор, что слушатели давно закончили общеобразовательную школу и имеют не очень высокие знания, приходится материал излагать таким образом, чтобы он основывался на логической цепочке рассуждений. Давайте обратимся к теме кристаллизации металла шва. Казалось бы, простая тема: рассказал об основных участках зоны термического влияния, о том, какой температуре соответствует каждый участок, вот и все. Но, как показала практика, изложенный материал в такой форме быстро забывается, так как не основан на связи с диаграммой железо–углерод. Для того, чтобы слушатель понял материал, надо начинать с того, что железо существует в нескольких модификациях, а это значит: надо отметить, что такая температура аллот-

ропического превращения, что самый плохой участок ЗТВ — это участок перегрева, ему соответствует температура 1100–1500 °С, а железо на этом участке имеет гранецентрированную решетку и носит название «аустенит», в котором больше растворяется углерода, чем в железе с объемно-центрированной решеткой. При данной температуре наблюдается значительный рост зерна, а это приводит к снижению пластических свойств металла. Избежать этого можно путем уменьшения времени нахождения металла при данной температуре. Практически это достигается за счет снижения погонной энергии, т. е. строгого соблюдения режима сварки. Если это сварщик не поймет, то можно считать, что данная тема Вами не излагалась, так как каждая теория заканчивается практической работой, т. е. сварщик будет нарушать режим сварки, не понимая, к чему это приводит. Чтобы наши слушатели это поняли, у них должен быть багаж необходимых знаний, а его, как правило, нет. Поэтому и квалификация наших сварщиков недостаточная, применительно к сегодняшним требованиям к качеству сварных конструкций.

Предложенный выше подход к изложению теоретического материала бесспорно правильный, но эффективность низкая и требует большого усердия и времени. Поэтому должен быть разработан методический материал в виде конспекта лекций по теоретическим вопросам, и он являлся бы подспорьем для преподавателя в его работе. В учебных центрах Германии именно так и делается — в начале учебного процесса каждому слушателю вручают конспекты лекций.

Что касается практической подготовки наших электросварщиков, то здесь дела обстоят еще хуже. В свое время при каждом министерстве были организованы курсы по подготовке так называемых «дипломированных сварщиков». Эти курсы были рассчитаны на 302 часа и, как правило, организовывались на предприятиях с хорошей ма-

териальной базой и наличием преподавателей с высшим специальным образованием. Хочу отметить, что уровень подготовки сварщиков на этих курсах был высоким. Наряду с этим существовали предприятия, которые не имели соответствующей учебной базы для подготовки специалистов высокой квалификации, и как показала практика, на таких предприятиях сварщикам присваивались высокие разряды, а уровень теоретической и практической подготовки был низким.

Учитывая значимость подготовки сварщиков, на заводе создана учебно-испытательная база, которая была признана немецким научно-исследовательским и учебно-техническим институтом SLV-Мекленбург-Форнноммерн (Росток) как аттестационный центр по подготовке специалистов-сварщиков.

Ознакомившись с системой подготовки сварщиков в Польше, в учебных центрах Германии, руководство завода приняло решение направить в Германию на полутора-месячные курсы заводских специалистов. Подготовка сварщиков в Германии длится восемнадцать недель и включает в себя несколько этапов. После первых четырех недель обучения курсанты получают квалификацию сварщика угловых швов, после шести — сварщика листов, после четырнадцати — сварщика труб и после восемнадцати недель обучения — сварщика технологического оборудования с выполнением контрольного сварного образца в положении Н-L045. После каждого курса проводятся квалификационные испытания. Будущий инструктор (сварщик-учитель) обязан сварить образцы по 18-недельному курсу и дополнительно к этому сдать пятнадцать образцов.

Руководствуясь полученными знаниями, а также изучив требования правил ДНА-ОП 0.00-1.16-96 по аттестации сварщиков, пришли к выводу, что наша система обучения сварщиков требует доработки. При разработке новых правил по аттестации

сварщиков мы взяли на вооружение немецкую систему подготовки сварщиков по EN 287. Казалось бы, сделали хорошее дело, но забыли сравнить две системы подготовки сварщиков (нашу и немецкую).

Согласно новым правилам сварщик, сваривший стык неповоротной трубы, имеет право выполнять стыковые соединения из пластин в вертикальном и потолочном положениях. Но оказывается, не тут-то было. Сварщик, с начала своей трудовой деятельности сваривавший трубопроводы, особенно малых диаметров, в которых доля вертикальных и потолочных швов очень мала, не может сварить стыковое соединение в указанных выше положениях. Таким образом, с целью исключения искажения фактов и чтобы расширение допуска соответствовало действительности,

приходится проводить испытания сварщиков по дополнительной программе, которая не предусмотрена новыми правилами. С этой точки зрения Правила аттестации сварщиков от 22 июня 1971 г. более точно учитывали систему подготовки сварщиков.

На основании изложенного можно сделать вывод, что решение таких задач под силу только тем учебным центрам, которые обладают отличной испытательной базой, подготовленным преподавательским составом с высшим образованием, наличием квалифицированных инструкторов-сварщиков. Хотется остановиться еще на одном моменте. Может случиться так, что после истечения срока аттестации сварщика, т. е. спустя два года, сварщик, ранее аттестованный одной аттестационной комиссией, вынужден будет

аттестоваться другим Учебным центром и может не подтвердить свою первоначальную квалификацию. Как быть тогда? Что это — случайность или разный подход к решению одной и той же проблемы? А такие примеры уже есть. Этую проблему, на мой взгляд, решает положение об УАКС, в котором предусмотрено создание аттестационных центров для решения подобных вопросов и регулирования деятельности региональных аттестационных комиссий. ■ #30

**От редакции.** Проблемы подготовки сварщиков, затронутые в статье Н. И. Дуды, актуальны, о чем свидетельствуют многочисленные письма читателей нашего журнала. Приглашаем специалистов сварочного производства к обсуждению проблемы повышения профессионального уровня сварщиков.

## Интер-Метиз

ЗАО «Интер-Метиз» реализует со склада в г. Днепродзержинске по самым низким ценам

**Проволоку** стальную ОК (диаметром от 1,2 до 6 мм); ВР-1 (диаметром 4 и 5 мм); сварочную Св-08, Св-08 А (диаметром от 1,2 до 6 мм) в широком ассортименте

**Гвозди** Сетку рабицу 25×25×2 мм, 30×30×2 мм, 1,5×10 м

**Цепи** хозяйственные поводковые 3-хконцевые (диаметром 5 мм) круглозвездные (диаметром от 3 до 6 мм)

**ФОРМА ОПЛАТЫ ЛЮБАЯ**  
51931 г. Днепродзержинск, ул. Широкая, 99  
тел./ф. (05692) 3-24-29

*Мы открыты для делового сотрудничества*

## НТЦ «Авиасварка»

постоянно реализует со склада на ул. Фрунзе, 47

### Сварочные материалы:

(проводка, электроды, флюс, припой) для сварки и пайки цветных металлов – алюминия и меди, чугуна, титана, конструкционных сталей, оцинкованной стали.

### Оборудование:

импортные цифровые аппараты для дуговой сварки TIG/WIG (в т. ч. алюминия), а также уникальный аппарат для очистки сварных швов пищевых нержавеющих сталей.

**Тел./факс (044) 417-1517, 463-7692, 417-2352**

## ОАО “РЕМДЕТАЛЬ”

### ИЗГОТОВЛЯЕТ

оборудование по производству покрытых металлических электродов для электродуговой сварки и наплавки производительностью 1 тонна в смену

### РЕАЛИЗУЕТ

электроды МР-3, Ø 4 мм

Тел.: (0562) 42-78-60  
42-81-58

Тел./факс: (0562) 42-81-43

## 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
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
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

### Платежные реквизиты издателя:

ГВП «Экотехнология»

Р/с 260091333 в АКБ «Перкомбанк», Киев  
МФО 321712 Код ОКПО 14288312

Оригинал – макеты принимаются в форматах: черно – белые: TIFF, от 300 dpi; цветные: CMYK, от 300 dpi; растровые: TIFF или PhotoShop EPS; векторно/растровые: EPS, AI, QuarkXPress, CorelDraw 5.0 – 8.0 (все используемые шрифты перевести в кривые или предоставить в отдельных файлах). Носители: 3,5 floppy (2 копии), Zip. С макетом должна быть представлена печатная копия.