

Заводу автогенного оборудования Донмет – 10 лет



В. А. Сергиенко, директор завода

Завод автогенного оборудования **Донмет** 3 октября 2000 г. отметил свое десятилетие.

Предприятие выпускает оборудование для резки, сварки и пайки металлов. Обладая высоким интеллектуальным потенциалом, конструкторы и технологи завода разработали и поставили на поток газорезательное и газосварочное оборудование, выполненное на уровне изобретений. Все основные узлы и принципиальные конструкторские новинки защищены патентами Украины. Постоянно ведется работа по техническому усовершенствованию выпускаемой продукции, направленному на повышение экономичности, безопасности, долговечности и удобства в эксплуатации. Современное высокоточное оборудование и квалифицированные кадры, широкое использование систем автоматизированного проектирования и управления производством позволяют создавать конкурентоспособную продукцию. Сейчас продукция с торговой маркой «Донмет» хорошо известна не только в Украине, но и в России, Беларуси, Латвии, Литве и Эстонии. Она успешно эксплуатируется на таких гигантах отечественной промышленности, как Мариупольский металлургический комбинат им. Ильича, Металлургический комбинат «Азовсталь», ЗАО «Новоукраинский машиностроительный завод» и др.

А начиналось все в 1990 г., когда на предприятии изготавливали лишь единичные экземпляры специальных резаков по разовым заказам. Затем, постепенно, разрабатывая собственную технологию, стали производить резаки РГР-100 и горелки Г2. В течение 1993–1994 гг. создали и провели испытания новых типов инжекторов более простой конструкции и повышенной надежности по сравнению с прототипом.

Для повышения конкурентоспособности продукции искали пути улучшения ее качества, дизайна, уменьшения массы и стоимости изделий. Проводили эксперименты по применению альтернативных материалов в области, где уже сложились определенные традиции в этом вопросе, а также рассмат-

ривали возможности более рационального использования традиционных материалов.

В 1994 г. Донмет начинает интенсивно внедрять алюминий в конструкции своих изделий, выпускать горелки и резаки с литой алюминиевой рукояткой и литыми алюминиевыми маховичками на вентилях. Решение использовать литые маховички на вентилях оказалось удачным и применяется на всех изделиях до настоящего времени, а вот от изготовления литых рукояток из алюминия пришлось отказаться из-за большой трудоемкости и наличия пор в литье.

Накопив опыт, завод начинает выпуск изделий по индивидуальным заказам предприятий небольшими партиями и даже единичными экземплярами. Продолжается работа над повышением качества газопламенного оборудования.

В 1995 г. были впервые сертифицированы горелки Г2, резаки Р1 и Р3, а также керосинорезы. В этом же году производство перешло во вновь построенные цеха, появилась возможность использовать для рукояток резаков и горелок алюминиевый профиль. Применение алюминиевого профиля, в котором отсутствуют недостатки, присущие алюминиевому литью, позволило в дальнейшем разработать и поставить на серийное производство целую гамму горелок Г2, Г3, ГЗУ, ГВ, резаков Р1, Р3, значительно улучшив их качество, дизайн и технические показатели. В

новой продукции сократилось количество паляных изделий, что способствовало значительному увеличению надежности и безопасности при ее эксплуатации.

Расширяя номенклатуру выпускаемых изделий, в 1997 г. начинаются разработка и испытание редукторов собственной конструкции. В 1998 г. налажен выпуск кислородных редукторов, а спустя год освоена целая гамма газовых редукторов. Используя накопленный опыт применения алюминия в производстве резаков и горелок, на заводе разработана прогрессивная конструкция пропановых редукторов с корпусами из алюминиевого профиля.

В настоящее время завод автогенного оборудования Донмет способен удовлетворить любые потребности заказчиков в газорезательном и газосварочном оборудовании. Номенклатура выпускаемых изделий насчитывает около 100 различных наименований, 75% из которых сертифицированы в системе УкрСЕПРО. В этой же системе сертифицировано и все производство завода, включая заводскую измерительную лабораторию.

В одной статье трудно описать все выпускаемое оборудование и те новшества, которые существуют или готовятся к запуску в серийное производство. Для более оперативного доведения до потребителей новой информации в Интернете открыта страничка нашего завода — www.donmet.donetsk.ua. ■ #61



Дуплекс-технология упрочнения деталей штампов горячего деформирования металла

Ю. Н. Тюрин, д-р техн. наук, О. В. Колисниченко, С. И. Головенко, инженеры, ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины, Н. Г. Цыганков, В. И. Макаров, Ю. Ф. Брюханов, инженеры, ОАО «Сталепрокатный завод» (Череповец)

Для изготовления матриц и пуансонов штампов горячего деформирования металла, а также обрезных и прорубных пуансонов предлагается применять низколегированный сплав 3ХЗМЗФ (ГОСТ 5950), который содержит: 0,27–0,34% С; 0,1–0,4% Si; 0,2–0,5% Mn; 2,8–3,5% Cr; 0,4–0,6% V; 2,5–3% Mo; 0,35% Ni; 0,3% Cu.

Компенсировать низкую твердость сплава можно применяя комплексную обработку рабочих поверхностей — дуплекс-технологию. Такая технология включает цементацию рабочих поверхностей инструмента, закалку, отпуск, а затем легирование поверхности вольфрамом и упрочнение импульсной плазмой.

Цементацию производят в печи типа Ц–60. Режим цементации можно проследить на примере обработки отрезной матрицы 07–55–26. Температура печи при загрузке составляет 600–700 °С, затем после нагрева печи до 850 °С подают карбюризатор (керосин) в количестве 60 капель в минуту. При достижении температуры 950 °С увеличивают количество карбюризатора до 120 капель в минуту. Процесс насыщения продолжается 8 ч, процесс диффузии — 1–2 ч. После цементации изделия подвергают стандартной термообработке, включающей подогрев (700–750 °С), закалку (1030–1050 °С), отпуск (560–580 °С) и отпуск (540–560 °С). В результате изделие имеет низкую твердость основы (49–50 HRC₃), высокую поверхностную твердость (60–62 HRC₃) и высокую ударную вязкость материала, которая в зависимости от сечения может иметь следующие значения: 10 мм — KCU 24 Дж/см², 120–200 мм — KCU 7 Дж/см². Теплостойкость сплава 3ХЗМЗФ невысока и при температуре 590 °С и выдержке 2 ч составляет 47 HRC₃.

Для повышения теплостойкости и твердости рабочей поверхности изделия применяют импульсно-плазменную обработку. Технологические режимы обработки подбирают из условия обеспечения минимальной плотности мощности импульсной плазмы, достаточной для нагрева поверхности до

Таблица. Результат контрольных испытаний промышленных партий инструмента

Деталь	Цеховая норма стойкости, т/шт.	Стойкость, т/шт.	
		Без упрочнения	После упрочнения
Нож отрезной	4,5	11,0	52,9
Матрица отрезная	6,47	24,4	79,35
Матрица I опорная	20,4	26,7	177,75
Матрица II опорная	2,5	4,5	29,23
Пуансон прорезной	0,85	1,8	7,08

температуры плавления. Такой режим обеспечивает легирование расплавленной поверхности изделия элементами, составляющими плазменную струю. Для ввода легирующих элементов используют расходный электрод из карбидов вольфрама плюс кобальт и плазмообразующий газ, содержащий углерод. Обработку осуществляют с трех-пятикратным воздействием импульсной плазмы на упрочняемую поверхность. При этом диаметр пятна обработки составляет 15 мм. Частота следования импульсов 1,5 Гц.

В результате воздействия импульсной струи плазмы на цементированную и закаленную рабочую поверхность изделия был получен слой толщиной 40–80 мкм, легированный вольфрамом, кобальтом и углеродом. Микротвердость слоя достигает 20 ГПа.

На ОАО «Череповецкий сталепрокатный завод» были изготовлены и упрочнены по дуплекс-технологии детали штампов для горячего деформирования металла. Эти детали использовали в калибровочном цехе завода. Обобщенные результаты контрольных испытаний промышленных партий инструмента приведены в *таблице*.

Анализ результатов испытаний показал, что инструмент, упрочненный по дуплекс-технологии, не имел отказов из-за хрупкого разрушения или излома. Причиной отказа служил только разгар рабочих поверхностей. Обработка изделия импульсной плазмой повысила содержание тугоплавких легирующих элементов в поверхности изделий, что увеличило срок службы поверхности инструмента до разгара, а применение сплава с высо-

кой ударной вязкостью исключило отказы по причине хрупких разрушений. Опыт промышленной эксплуатации показал, что после импульсно-плазменной обработки работоспособность инструмента повысилась в 2–5 раз.

Для осуществления импульсно-плазменной технологии разработана и изготовлена установка «ИМПУЛЬС». В качестве манипулятора в этой установке использован универсальный фрезерный станок. Питание установки осуществляется от сети переменного тока напряжением 380 В. Мощность установки 20 кВт. Для работы установки используют технологические газы. Расход газов: пропан-бутана — 0,2 м³/ч; кислорода — 1 м³/ч; воздуха — 4 м³/ч.

Опыт эксплуатации установки на ОАО «Череповецкий сталепрокатный завод» показал целесообразность ее использования в условиях массового производства изделий, в том числе на заводах металлургической промышленности.

Разработанная дуплекс-технология позволяет разрешить противоречие между высокими требованиями к рабочей поверхности (стойкость к разгару, твердость) и не менее жесткими требованиями к прочности (ударная вязкость) деталей штампов горячего деформирования металла. Применение к одному изделию двух эффективных технологий существенно повышает работоспособность изделий. Кроме того, детали штамповой оснастки, как правило, отличаются большой массой, поэтому замена легированных сплавов с высоким содержанием вольфрама на низколегированные сплавы весьма актуальна и с позиции экономики легирующих элементов. ■ #62

Прессовая сварка промышленных трубопроводов

С. И. Кучук-Яценко, акад., В. Ю. Игнатенко, инж., В. С. Качинский, канд. техн. наук, М. П. Коваль, инж., ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины

Технология монтажа промышленных трубопроводов предусматривает возможность применения различных способов сварки как плавлением, так и давлением. (С уменьшением диаметра труб усложняются условия получения качественных сварных соединений и сохранения проходного сечения трубопровода).

Применение дуговых способов сварки плавлением (ручная дуговая, полуавтоматическая в углекислом газе и др.) обычно требует высокой квалификации сварщика, затрат на используемые сварочные материалы (электроды, защитный газ и др.), при этом они отличаются относительно низкой производительностью. Способы сварки давлением (контактная стыковая сварка оплавлением и др.) характеризуются высокой производительностью процесса, равномерностью нагрева по периметру стыка, стабильной повторяемостью процесса. Для их исполнения требуется относительно низкая квалификация сварщика-оператора. Однако контактная стыковая сварка имеет относительно низкий КПД процесса нагрева деталей и при оплавлении в месте сварки образуется грат, удаление которого требует дополнительных операций.

Прессовая сварка с нагревом деталей дугой, управляемой магнитным полем (ПМД-сварка), которая относится к способам сварки давлением, находит все более широкое применение в различных отраслях промышлен-

ности и строительства, в том числе промышленных трубопроводов. В ИЭС им. Е. О. Патона разработаны промышленная технология и оборудование для ПМД-сварки трубчатых деталей из сталей различного класса диаметром от 10 до 219 мм и толщиной стенки 1–6 мм. Сущность процесса основана на явлении перемещения электрической дуги в поперечном магнитном поле, создаваемой постоянными магнитами или электромагнитами между торцами свариваемых деталей. Дуга перемещается по торцам деталей с относительно высокой скоростью (до 260 м/с), что приводит к перераспределению ее мощности на всю соединяемую поверхность. Сварной шов формируется при совместной пластической деформации свариваемых деталей.

Характерными особенностями ПМД-сварки являются высокая производительность, пониженное потребление электроэнергии и высокие прочностные (рис. 1) и пластические свойства сварных соединений (таблица). Кроме того, отсутствуют жесткие требования к чистоте свариваемых и токоподводящих поверхностей, нет необходимости применения сварочных материалов и защитных газов, припуски на оплавление и осадку не превышают толщину стенки свариваемых труб. Немаловажно то, что размеры внутреннего и наружного грата незначительны, и они равномерно распределены по



Рис. 1. Образец по ГОСТ 6996, тип XIII после испытаний на статическое растяжение

периметру стыка (рис. 2). Цикл сварки автоматизирован и не требует вмешательства сварщика-оператора. Применение компьютеризированной системы управления сварочным процессом и контроля параметров сварки позволяет оперативно и достоверно оценить качество сварных соединений.

ИЭС им. Е. О. Патона разработана установка Об-2398 для ПМД-сварки труб диаметром от 20 до 60 мм с толщиной стенки от 2 до 6 мм как в полевых условиях, так и на стационарной и полустационарной базах.

Техническая характеристика:

Номинальное усилие осадки, кг.....	4500
Номинальное усилие зажатия, кг.....	9000
Производительность, стык/ч, не менее.....	40
Скорость осадки, мм/с, не менее.....	150
Величина горизонтальной корректировки несоосности труб, мм, в пределах.....	2
Рабочее положение сварочной головки в пространстве.....	Не ограничено
Максимальное рабочее давление в гидросистеме, МПа.....	12,5
Длина сварочной головки, мм.....	500
Высота сварочной головки, мм.....	300
Масса, кг, не более.....	60

Сварочная головка установки показана на рис. 3 и 4. Кроме нее, в комплект установки входят серийно выпускаемый сварочный выпрямитель ВДУ-1202 или ВДУ-506 (в зависимости от типоразмера свариваемых труб), гидронасосная станция СВ-V и шкаф управления.

Переналадка установки для сварки труб различного диаметра заключается в измене-

Таблица. Механические свойства сварных соединений

Марка стали	Диаметр (толщина) стенки трубы, мм	Временное сопротивление разрыву, МПа		Ударная вязкость, Дж/см ²	
		основной металл	сварное соединение	основной металл	сварное соединение
Сталь 20	32	488–509	483–509	94–100	88–94
	(5)	502	498	98	90
Сталь 35	48	538–565	536–569	56–64	52–96
	(4)	551	552	60	70

Примечания. 1. При испытании на статическое растяжение разрушение образцов происходило по основному металлу. 2. Температура испытаний на ударный изгиб +20 °С

нии давления в гидросистеме (усилия осадки), смене зажимных вкладышей и установке переключателя в положение, соответствующее требуемому типоразмеру труб.

На базе установки Об-2398 совместно с трестом «Теплицтехмонтаж» был разработан передвижной комплекс для сварки труб системы отопления теплиц. Бригада из четырех

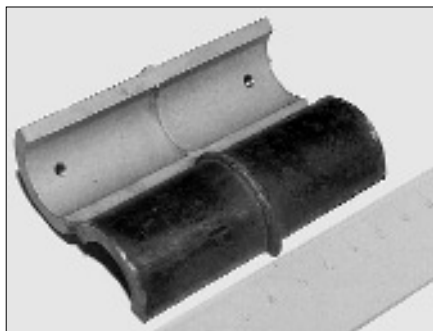


Рис. 2. Внешний вид образцов труб диаметром 32×4 мм после сварки

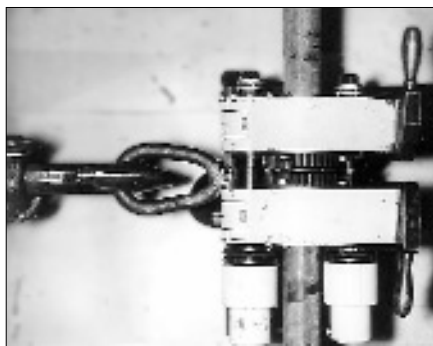


Рис. 3. Сварочная головка установки Об-2398

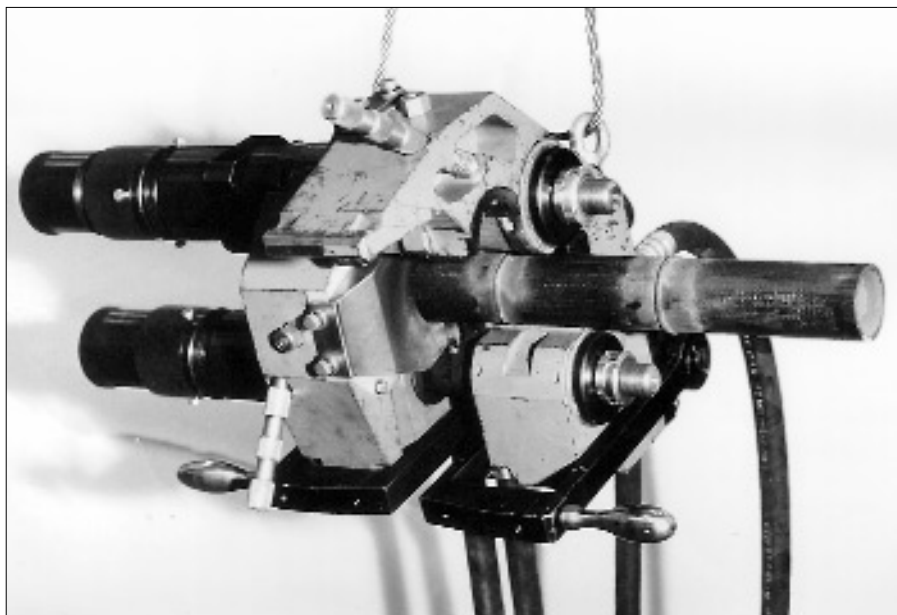


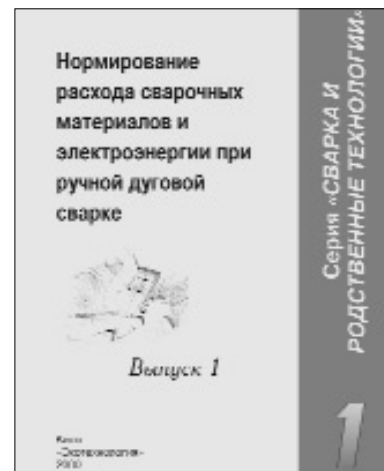
Рис. 4. Модернизированная сварочная головка установки Об-2398

человек сваривала за смену до 200 стыковых труб диаметром 50 мм и толщиной стенки 3,5 мм. Качество сварных соединений соответствовало СНиП III-42-80.

ВНИИСТ совместно с СКБ «Сварканефтегазстрой» был разработан автономный передвижной комплекс для сварки промышленных трубопроводов диаметром 32–60 мм. В состав комплекса входят установка Об-2398; сварочный стенд, состоящий из саней с платформой, рольганга с прижимными устройствами и перегружателями, накопителя, корректора положения сварочной головки; электрическая станция мощностью не менее 100 кВт для питания установки; транспортное средство для перемещения комплекса оборудования; вспомогательное оборудование (маятниковая пила, труборезы и др.).

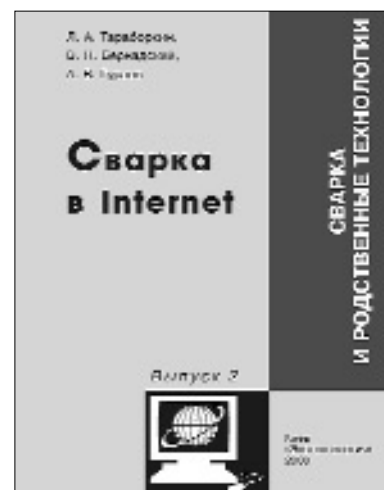
Испытания комплекса проводили на Астраханском газоконденсатном месторождении. Сварено несколько участков общей длиной 10 км ингибиторопроводов диаметром 32 мм и толщиной стенки 3 мм. Сварку и испытания сварных соединений проводили согласно ВСН 216-87 Миннефтегазстрой. При испытании трубопроводов на прочность и плотность водой под давлением 25 МПа дефектов или течи не обнаружили.

Применение ПМД-сварки на объектах нефтяной и газовой промышленности позволит повысить производительность труда, снизить энерго- и материалоемкость процесса сварки, улучшить культуру труда на производстве сохранить при этом высокое качество сварных соединений. ■ #63



Изложена методика расчетов нормативов расхода электродов как по массе, так и в штуках, а также электроэнергии, приведены необходимый минимум справочных данных и конкретные примеры расчетов. Представлены рассчитанные по предложенной методике нормативы расхода электрода на погонный метр шва для практически всех встречающихся видов сварных соединений по ГОСТ 5264-80 в широком диапазоне толщин свариваемых деталей.

Рассчитана на инженерно-технических работников сварочного производства, а также преподавателей и студентов сварочного факультета.



Справочное пособие содержит представленную в сжатой и доступной форме информацию об основных принципах и информационно-технических ресурсах глобальной компьютерной сети Internet с акцентом на проблему использования этой сети в повседневной научно-технической и производственно-коммерческой деятельности.

В приложении приводится список основных терминов, необходимых при работе в компьютерных сетях.

Рассчитано на широкий круг научно-технических и инженерных работников, менеджеров в области сварки и родственных технологий, которые найдут в пособии впервые публикуемую коллекцию избранных информационных ресурсов Internet по сварочной проблематике.

Вибрационная обработка сварных конструкций

Г. И. Лашенко, канд. техн. наук, ОАО «УкрИСП» (Киев)

Производственный опыт показал, что у сварных балок, рам, станин и других корпусных конструкций, изготовленных из простых малоуглеродистых сталей и имеющих непосредственно после сварки достаточно высокую точность размеров, после дальнейшей механической обработки или вылеживания в течение двух–трех недель изменялся предел допусков, и они требовали дополнительной обработки. Основной причиной таких изменений являлось наличие остаточных напряжений, неизбежно сопутствующих процессу сварки.

Изменения геометрических размеров интенсифицируются под воздействием монтажных, транспортных и эксплуатационных нагрузок, а также с повышением температуры. Для увеличения стабильности геометрических размеров сварных конструкций их зачастую подвергают общей термической обработке (отпуску), требующей больших энергетических затрат.

В последние десятилетия получил распространение малоэнергоёмкий способ стабилизации геометрических размеров металлоконструкций под названием «вибрационная обработка».

Сущность способа заключается в создании металлоконструкции после сварки или в процессе переменных напряжений определенной величины с помощью специальных вибровозбудителей (вибраторов). Переменные напряжения суммируют со сварочными, и при достижении предела текучести происходит пластическая деформация, способствующая снижению и перераспределению напряжений первого рода. Одновременно протекают процессы на микроуровне, связанные с генерированием, перемещением и закреплением дислокаций, что в свою очередь приводит к снижению и перераспределению напряжений второго рода и повышению сопротивляемости материала самопроизвольному деформированию.

Вибрационной обработке подвергают сварные конструкции не только из углеродистых сталей, но и изготовленные из алюминиевых и титановых сплавов.

На рисунке показана схема виброобработки сварных конструкций. Сварная конструкция 1 установлена на виброизолирующих опорах 2, к ней прикреплен струбцинами или болтами вибровозбудитель 3 с регулируемой частотой колебаний. На пульте управления виброустановки 4 расположены приборы, регистрирующие частоту и амплитуду колебаний с помощью датчика 5, прикрепленного к сварной конструкции. При плавном изменении частоты колебаний от минимальной до максимальной регистрируют резонансные частоты системы «сварная конструкция–вибровозбудитель». Затем производят виброобработку на выбранных резонансных частотах.

Основными параметрами вибрационной обработки являются амплитуда и время (длительность) вибронагружения. Чем выше амплитуда переменных напряжений, тем интенсивнее происходит релаксация остаточных напряжений. Необходимо отметить, что слишком высокие амплитуды переменных напряжений и большая продолжительность виброобработки могут стать причиной усталостных повреждений сварных конструкций.

При правильно выбранных режимах относительное снижение остаточных напряжений при виброобработке на первой резонансной частоте составляет 40–45%, на второй — дополнительно 10–12%, на третьей, четвертой и пятой — 5–8%.

Для виброобработки металлоконструкций наибольшее применение получили механические инерционные дебалансные вибровозбудители.

Основные технические характеристики некоторых виброустановок с дебалансными вибровозбудителями, разработанных ИЭС им. Е. О. Патона, ОАО «УкрИСП», Краматорским индустриальным институтом, фирмой «Мартин Инжиниринг» и другими предприятиями, приведены в таблице.

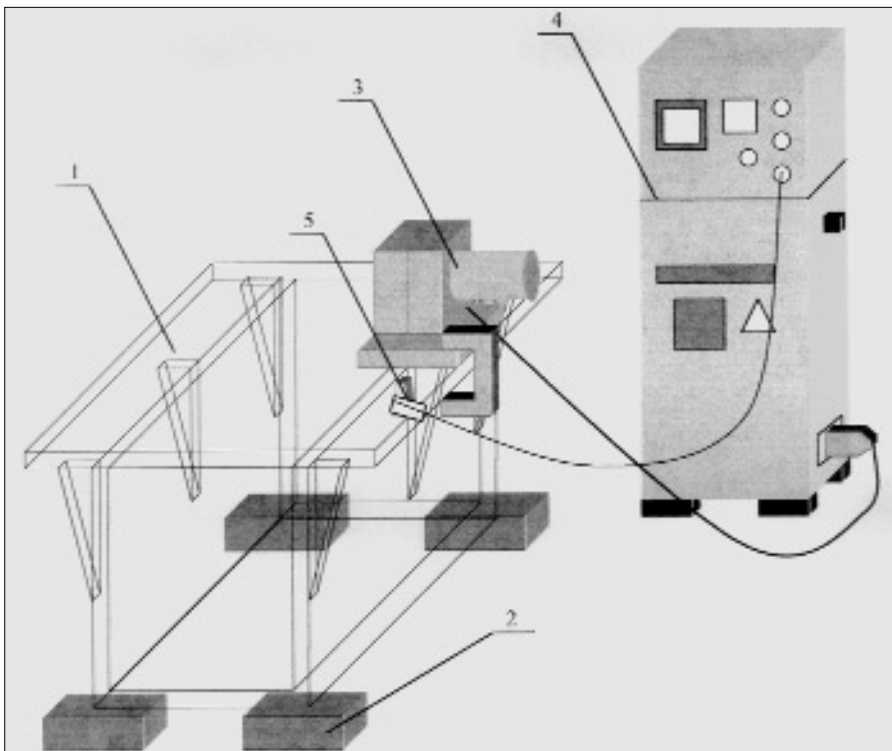


Рисунок. Схема виброобработки сварных конструкций

Таблица. Основные технические характеристики виброустановки или виброкомплекса

Техническая характеристика	Виброустановка или виброкомплекс									
	У912	489PM	ВКСР-200	Альфа 3	ВК-89ЛЭС	ВК-90	DV-3-6-1E1	DV-12-4E1	MV1	MV2
Максимальное вибрационное усилие, кН	6	17,6	16,6	30	30	70	15	23	16	8
Диапазон рабочих частот, Гц	20-100	20-200	30-200	8-100	10-140	10-140	8-90	8-70	10-100	10-170
Мощность электродвигателя, кВт	1,5	0,55; 1,1	2,2	0,9	0,9	1,5	0,8	2,3	0,65	0,5
Количество вибраторов, шт.	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1

Дебалансные вибровозбудители развивают усилия до $7 \cdot 10^4$ Н в частотном диапазоне до 200 Гц.

При вибрационном нагружении используют различные методы оперативного контроля эффективности обработки. Их можно разделить на три: неразрушающий контроль величины остаточных напряжений, определение величины изменения энергии, потребляемой электродвигателем возбудителя колебаний, запись амплитудно-частотных характеристик (АЧХ) до и после вибрационной обработки металлоконструкций.

Недостатком первого метода контроля является то, что по величине остаточных напряжений, тем более определяемых в отдельных зонах, еще нельзя судить о степени стабилизации геометрических размеров. Этот метод контроля используют, как правило, в сочетании с другими методами оценки эффективности обработки.

Контроль эффективности вибрационной обработки по мощности, потребляемой электродвигателем вибровозбудителя, основан на предположении о том, что энергия колебаний изменяется пропорционально мощности электродвигателя. Снижение и стабилизация силы тока свидетельствуют о стабилизации геометрических размеров.

К недостаткам вышеупомянутого метода контроля следует отнести его чувствительность к качеству закрепления вибровозбудителя, трению в подшипниках и полу-

чение косвенных характеристик стабилизации геометрических размеров обрабатываемого изделия.

При записи амплитудно-частотных характеристик отслеживают положение вершины резонансного пика либо определяют изменение логарифмического декремента затухания колебаний. Современные методы контроля эффективности виброобработки, построенные на использовании записи АЧХ, развиваются по пути совершенствования обработки и накопления полученной информации, использования электронно-вычислительных машин и других устройств.

Хотя контроль эффективности обработки путем записи АЧХ, в особенности в сочетании с автоматическим поддержанием резонанса, и дает более четкую документальную картину результатов вибронагружения, он не имеет существенных преимуществ перед энергетическим методом, рассмотренным выше.

В настоящее время накоплен большой опыт использования вибрационной обработки сварных рам, станин, оснований, поперечин, металло- и деревообрабатывающих станков и машин. Весьма эффективным оказалось использование стабилизирующей виброобработки при изготовлении крупногабаритных деталей для тяжелого, энергетического и транспортного машиностроения.

Многолетний опыт использования систем вибрационной обработки подтверждает высокую экономическую эффективность

этой технологии. По данным автора внедрение виброобработки при изготовлении около 1 тыс. т сварных конструкций позволило сэкономить на одном станкостроительном заводе около 1 млн. кВт·ч электроэнергии и в десятки раз сократить цикл стабилизирующей обработки.

Составляющими полученного экономического эффекта является также уменьшенные по сравнению с термической обработкой в 10-12 раз капитальные затраты, транспортные расходы и расходы на очистку сварных конструкций перед грунтовкой.

Малая энергоемкость систем виброобработки, относительно низкая стоимость технологического оборудования и простота его обслуживания позволяют эффективно применять вибростабилизацию не только на крупных предприятиях, но и в условиях мелких и средних производств.

По мнению автора, дальнейшее развитие технологии виброобработки будет связано с использованием вибрации в сочетании с локальным нагревом отдельных зон сварных конструкций различными источниками, одновременного вибронагружения на нескольких частотах, групповой обработки нескольких сварных деталей одной виброустановкой.

Следует также ожидать дальнейшего повышения надежности систем виброобработки сварных конструкций при использовании мобильной оснастки и принципиально новых средств оперативного контроля. ■ #64

Вниманию специалистов!

В серии «Сварка и родственные технологии» готовится к изданию справочное пособие **«Вибрационная обработка сварных конструкций».**

В новой брошюре рассмотрены особенности процесса виброобработки, выбора режима и контроля параметров, приведены технологии виброобработки сварных балок, рам и других конструкций, а также используемое для этого оборудование.

Эксплуатационные повреждения и ремонт тройниковых сварных соединений паропроводов из теплоустойчивых хромомолибденованадиевых сталей

Часть 2. Ремонт сварных тройников

Ф. А. Хромченко, д-р техн. наук, Всероссийский теплотехнический ин-т (Москва)

Всероссийским теплотехническим институтом разработаны следующие основные варианты технологии восстановления работоспособности тройниковых соединений, эксплуатируемых в условиях ползучести (рис. 1):

- путем удаления поврежденного металла механическим способом без последующей подварки места выборки;
- с подваркой в месте выборки без усиливающей наплавки соединения;
- то же с усиливающей наплавкой воротникового типа.

Качество ремонта зависит прежде всего от полноты удаления металла с недопустимой микроповрежденностью в месте выборки трещины. Технология может быть эффективной, если на поверхности выборки после удаления трещины отсутствуют отдельные крупные поры ползучести размером более 2 мкм, цепочки пор ползучести любых размеров по границам зерен и микротрещины. В этом случае степень микроповрежденности металла устанавливают по результатам металлографического анализа с помощью реплик. При необходимости назначают восстановительную термообработку (нормализацию плюс отпуск) для залечивания металла от пор ползучести размером менее 1 мкм, улучшения микроструктуры и повышения жаропрочных свойств материала тройника до выполнения подварочных швов.

Ремонт путем удаления поврежденного металла без последующей подварки назначают, когда глубина местной выборки не пре-

вышает 3 мм и 10% фактической толщины корпуса или штуцера тройника, а протяженность выборки меньше 25% периметра углового шва. Толщина стенки трубного элемента после выборки или высота углового шва не должны быть меньше допустимых проектных размеров для данного типа тройника.

Кроме того, ремонтируемый тройник должен отвечать требованиям конструкционной прочности с учетом фактической толщины трубных элементов (корпуса и штуцера).

На ремонтируемом тройнике допускаются две выборки, расположенные в диаметрально противоположных местах по периметру углового шва.

Данный вариант ремонта на сварном

тройнике применяют только один раз.

При ремонте поврежденный металл удаляют механическим способом путем шлифования абразивным инструментом. При этом рекомендуется обеспечивать плавный переход от дна выборки к наружной поверхности соединения с радиусом не менее 30 мм. Поверхность выборки должна быть ровной — без рисок, насечек и резких переходов, создающих концентрацию напряжений и способствующих более энергичному протеканию процессов зарождения трещины и ее развития. Поверхность выборки контролируют методом магнитопорошковой дефектоскопии с последующим металлографическим анализом с помощью реплик.

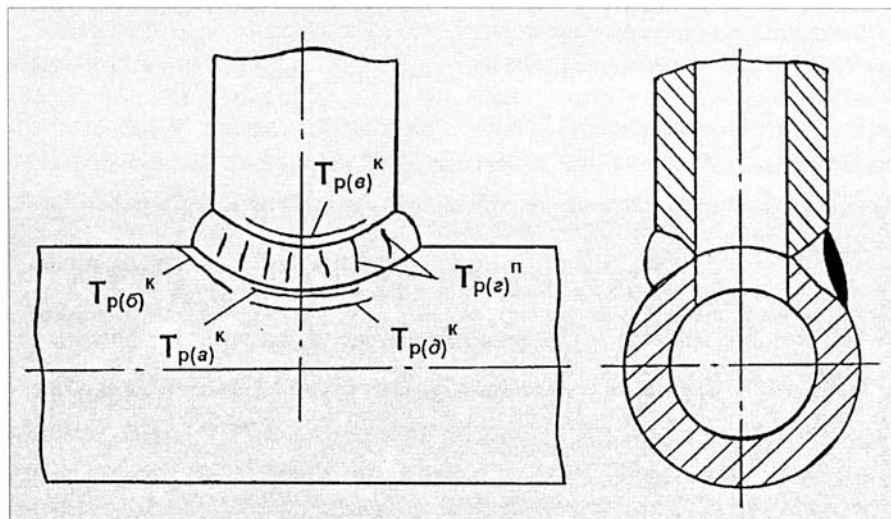


Рис. 1. Типичные повреждения в тройниковых сварных соединениях паропроводов из хромомолибденованадиевых сталей (обозначения — см. табл. 1)

Ремонт с выполнением подварочного шва проводят при ограниченных размерах выборки с учетом характера повреждения (табл. 1). При этом удаляют поврежденный металл, выполняют подварочный шов, тер-

мообработку соединения с подварочным швом, шлифуют наружную поверхность и контролируют качество. Поврежденный металл удаляют путем шлифования абразивным инструментом, при этом контроли-

руют качество работ методом магнито-порошковой дефектоскопии.

Окончательной является операция по дополнительной выборке металла на глубину не менее 5 мм от вершины удаленной

Таблица 1. Способы ремонта с выполнением подварочного шва в зависимости от характера повреждения

Типичные повреждения (см. рис. 1)	Максимально допустимые размеры выборки после удаления поврежденного металла, %		Способ ремонта	Дополнительные требования
	Глубина*	Протяженность**		
Кольцевые (продольные) трещины в ЗТВ со стороны корпуса тройника: в ОШЗ $T_{p(a)}^k$ и разупрочненной прослойке $T_{p(b)}^k$	≤ 20	≤ 15	Местная подварка	Допускается подварка двух местных выборок, расположенных в диаметрально противоположных местах по периметру углового шва
	≤ 20	> 15	Кольцевая подварка	После заварки выборки рекомендуется кольцевая усиливающая наплавка
	≤ 30	≤ 100	То же	То же
	≤ 50	≤ 100	То же, но предпочтительна полная перепварка углового шва или замена тройника	Ремонт допустим при незначительной микроповрежденности металла единичными порами ползучести размером менее 1 мкм. Целесообразна восстановительная термообработка тройника перед ремонтом
	> 20	≤ 100	Ремонту не подлежит или необходима кольцевая усиливающая наплавка на корпус тройника	Сварной тройник не удовлетворяет требованиям, предъявляемым к конструкционной прочности (см. примеч. 1). Толщину слоя, наносимого при усиливающей наплавке, определяют расчетом на прочность
Кольцевые (продольные) трещины в ЗТВ со стороны штуцера $T_{p(в)}^k$	≤ 30	≤ 20	Местная подварка	Допускается местная подварка двух выборок, расположенных в диаметрально противоположных местах по периметру углового шва
	≤ 30	≤ 100	Кольцевая подварка	После кольцевой подварки рекомендуется проводить усиливающую наплавку
Поперечные трещины в угловом шве $T_{p(r)}^n$	≤ 15	≤ 20	Местная подварка	Допускается подварка двух выборок, расположенных друг от друга на расстоянии, составляющем не менее 20% периметра углового шва
	≤ 15	≤ 100	Кольцевая подварка	После подварки кольцевого шва рекомендуется проводить кольцевую усиливающую наплавку
	≤ 100	≤ 100	Ремонту не подлежит	Тройник не отвечает предъявляемым требованиям к конструкционной прочности (см. примечание 1)
Повреждений нет, но высота углового шва меньше расчетной по проекту	—	—	Усиливающая (восстановительная) кольцевая наплавка	Профилактическая мера
Проявляется склонность тройников данного типа к повреждению	—	—	То же	То же и плюс необходимо проверить конструкционную прочность тройников (см. примеч. 1)

*По отношению к толщине стенки или высоте углового шва.

**По отношению к периметру углового шва.

- Примечания: 1. Сварной тройник имеет требуемую конструкционную прочность при выполнении условия $d/(D_H - 2S) \leq 0,75$, где d — диаметр отверстия в корпусе под штуцер; D_H — наружный диаметр корпуса тройника; S — фактическая толщина стенки корпуса.
 2. Сварные тройники с выборками, размеры которых превышают указанные в табл. 1, подлежат замене сразу.
 3. Допускается проводить один раз ремонт сварных тройников по вариантам, указанным в табл. 1. При глубине выборки $\leq 15\%$ высоты углового шва или толщины стенки тонкостенного тройного элемента ремонт может быть проведен дважды.
 4. При оценке остаточного ресурса отремонтированного соединения при $d_{ш}/D > 0,5$ в расчет рекомендуется вводить коэффициент прочности сварного соединения для условий ползучести, равный $\varphi'_{\omega} = 0,5$, в дополнение к коэффициенту прочности.

Эксплуатационные повреждения и ремонт тройниковых сварных соединений паропроводов из теплоустойчивых хромомолибденованадиевых сталей. Часть 2. Ремонт сварных тройников

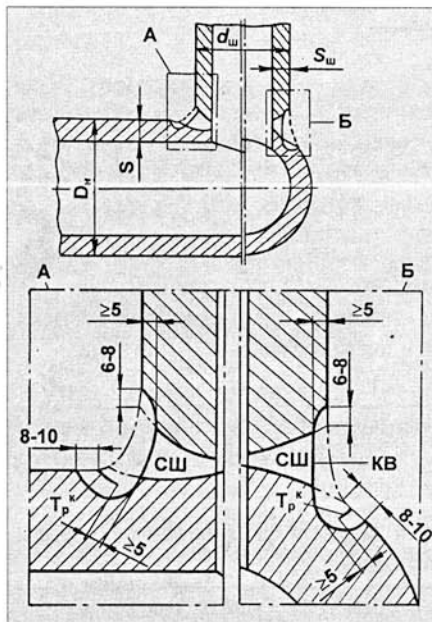


Рис. 2. Рекомендуемая форма выборки (поперечное сечение шва) после удаления поврежденного металла с кольцевой трещиной T_p^k (КВ – контур выборки; СШ – старый шов)

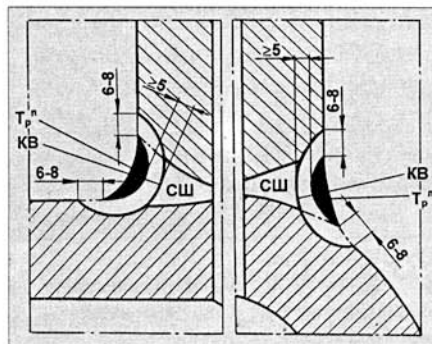


Рис. 3. Рекомендуемая форма выборки (поперечное сечение шва) после удаления поврежденного металла с поперечными трещинами $T_p^п$

трещины (рис. 2 и 3). При этом протяженность выборки должна быть на 10 мм больше длины продольной трещины или участка шва с поперечными трещинами с каждого конца; радиус скругления в зоне выборки не менее 10 мм. Ширина выборки в поперечном сечении углового шва должна охватывать ширину старого ремонтируемого шва и прилегающие к нему с двух сторон участки основного металла шириной 6–10 мм (см. рис. 2, 3), чтобы удалить металл ЗТВ с повышенной микроповрежденностью. Для тройников, эксплуатируемых при температуре паропровода менее 510 °С, ширину местной выборки можно ограничивать размерами удаленного поврежденного металла. При этом допускается оставлять края выборки на ремонтируемом шве.

Подварочный шов выполняют ручной дуговой сваркой с подогревом электродами марок ТМЛ–3У, ЦЛ–20, ЦЛ–45 (типа Э–09Х1МФ) и подобных. Рекомендуют многослойную сварку валиками толщиной 5–8 мм и шириной 12–20 мм электродами диаметром 3 и 4 мм на токах соответственно 90–120 и 140–180 А. Примерная последовательность заполнения местной выборки показана на рис. 4.

При кольцевой выборке необходим обратноступенчатый способ наплавки валиков длиной 150–200 мм. Подогрев при сварке допускается выполнять любым способом: индукционным, электропечным или газопламенным.

Термообработку осуществляют по режиму высокого отпуска (табл. 2) сразу после выполнения подварочных швов, не допуская снижения температуры ниже 250 °С. Способ нагрева индукционный или в электропечи.

Качество отремонтированных сварных тройников оценивают по результатам неразрушающего УЗ–контроля, спектрального анализа и измерения твердости поверхности подварочного шва. При этом твердость металла ремонтного шва должна составлять 150–230 НВ.

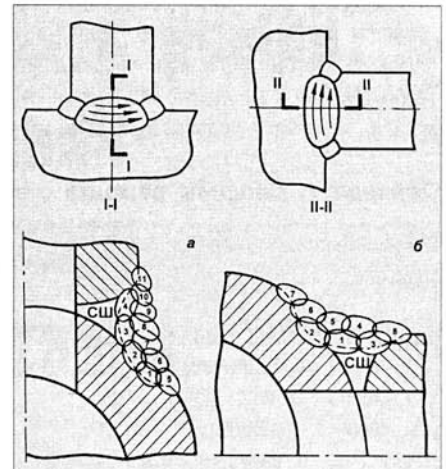


Рис. 4. Рекомендуемая последовательность многослойного заполнения местной выборки при наплавке горизонтальных (а) и вертикальных (б) валиков

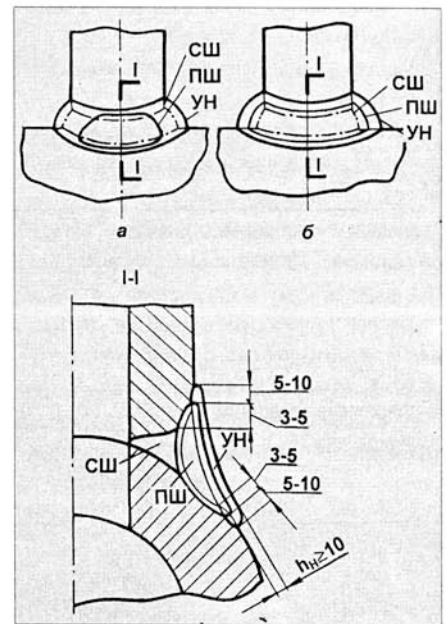


Рис. 5. Рекомендуемые формы симметричной усиливающей кольцевой наплавки и подварочных швов (УН – усиливающая наплавка, ПШ – подварочный шов): а – местный ПШ; б – кольцевой ПШ

Таблица 2. Режим высокого отпуска

Сталь	Максимальная толщина стенки тройника, мм	Температура, °С	Выдержка, ч
12Х1МФ	<20	720–750	2
12Х1МФ, 15Х1М1Ф	20–45	730–760	3
12Х1МФ, 15Х1М1Ф	>45	730–760	5

Примечания: 1. Скорость нагрева до 600 °С должна быть не более 50 °С/ч, выше 600 °С — не менее 100 °С/ч. 2. Скорость охлаждения от температуры отпуска до 300 °С должна быть не более 100 °С/ч

Контролю предшествует операция шлифования абразивным инструментом поверхности подварочного шва до получения контура углового шва типа гантели с радиусом скругления

$$R \geq \sqrt{(d_w - S_w) S_w}, \quad (1)$$

где d_w , S_w — соответственно диаметр и толщина стенки штуцера.

Ремонт с подваркой и усиливающей наплавкой воротникового типа проводят, как правило, при наличии кольцевой выборки (см. табл. 1). В отдельных случаях можно выполнять восстановительную наплавку для увеличения высоты углового шва до проектной. Ремонт тройника с кольцевой выборкой включает следующие операции: подварку шва по кольцевой выборке, восстановительную наплавку воротникового типа, термообработку соединения, обработку наружной поверхности после наплавки и контроль соединения.

Подварочный шов выполняют по технологии, изложенной выше, но без термообработки соединения. Восстановительную наплавку проводят сразу после окончания подварки, не допуская снижения температуры подогрева. Например, для стали 12Х1МФ температура нагрева составляет 250–300 °С, для сталей 15Х1М1Ф, 15Х1М1Ф+12Х1МФ — 300–350 °С. При этом кольцевые валики толщиной 4–6 мм и шириной 12–18 мм наплавляют обратнo-ступенчатым способом участками длиной 150–200 мм. Число слоев зависит от конструкционной прочности тройника.

Толщину слоя при усиливающей наплавке в поперечном сечении определяют расче-

том на прочность сварных тройников. В любом случае она должна быть не менее 10 мм. По ширине этот слой должен перекрывать подварочный кольцевой шов. При этом выбор симметричной (рис. 5) или несимметричной формы для укрепления корпуса тройника или штуцера (рис. 6) зависит от результатов расчета на прочность данной фасонной конструкции.

Наплавку выполняют электродами типа Э-09Х1МФ диаметром 3 и 4 мм на токе соответственно 80–120 и 140–180 А.

Термообработку соединения после усиливающей наплавки проводят сразу по окончании сварки. Способ нагрева индукционный или в электропечи. Контроль качества соединения после усиливающей наплавки проводят указанными выше методами. Предварительно шлифованием с помощью абразивного инструмента получают ровную гладкую поверхность с контуром углового шва при радиусе скругления R , рассчитанном по формуле (1). Отремонтированные по описанным технологиям сварные тройники можно дополнительно эксплуатировать в течение 3–10 лет при температуре выше 510 °С в зависимости от их конструктивных особенностей, степени повреждения и условий эксплуатации. На увеличение остаточного ресурса при ползучести влияет полнота удаления микроповрежденного металла ЗТВ и расположение подварочного шва.

Примером успешного применения предлагаемых технологий могут служить результаты ремонта тройниковых сварных соединений на паропроводах энергоблоков (300 МВт) Рязанской ГРЭС. Так, после ремонта путем удаления поврежденного

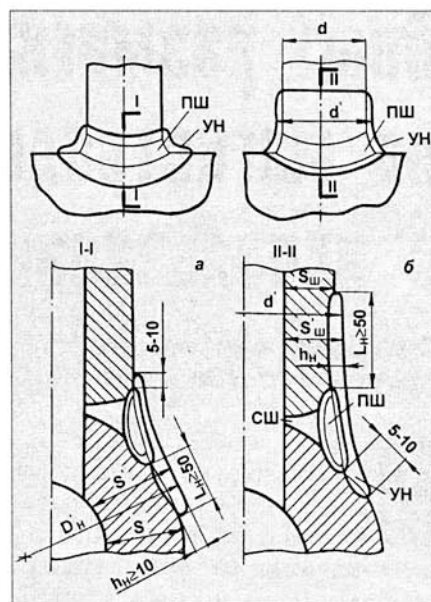


Рис. 6. Рекомендуемые формы усиливающих наплавки корпуса тройника (а) и штуцера (б) в районе углового шва

металла без последующей подварки сварные тройники эксплуатировали без повторного повреждения в течение 3–5 лет. После выполнения подварочных швов электродами Э-09Х1МФ с последующей термообработкой (высоким отпускem) отремонтированные тройники без повреждения эксплуатировались в течение 5–8 лет. Отдельные случаи повторных повреждений отремонтированных тройников были связаны с их недостаточной конструкционной прочностью и термодинамическими нагрузками, превышающими проектные. Такие тройники были заменены новыми усовершенствованными конструкциями. ■ #65



УВАЖАЕМЫЙ КОЛЛЕГА!

Я Вас прекрасно слышу. Но я ничего не знаю о Вашем предприятии и Ваших, возможностях. Я ничего не знаю о Вашей продукции и ее свойствах.

Я ЧЕЛОВЕК СОВРЕМЕННЫЙ,
и использую в своей повседневной деятельности
СОВРЕМЕННЫЕ источники технической информации.

Опыт размагничивания труб на магистральных трубопроводах с использованием новой технологии

С. А. Волохов, канд. техн. наук, НПП «Спецмагнитпроект», П. Н. Добродеев, инж., Отделение магнетизма Института электродинамики НАН Украины, Г. И. Мамин, канд. техн. наук, Ассоциация «Харьковнефтемаш» (Харьков)

Магнетизм создает трудности при строительстве и ремонте трубопроводов, где используют сварку на постоянном токе. Известные технологии размагничивания труб во время сварки требуют высокой квалификации оператора и не всегда обеспечивают качественное размагничивание из-за неравномерной намагниченности труб по окружности. Процесс сварки с использованием таких технологий трудоемкий и занимает больше времени, чем сварка при отсутствии магнетизма (обычно на 1 ч и более на каждом стыке). Необходимо также дополнительное сварочное агрегат для питания размагничивающей обмотки.

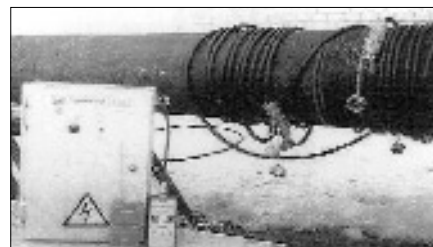
Разработана технология размагничивания труб перед сваркой, суть которой заключается в том, что при помощи импульсов магнитного поля намагниченность трубы вблизи свариваемых кромок стабилизируется и приводится к такому значению, что при удалении поля магнитная индукция в зазоре между кромками становится меньше величины, оказывающей вредное влияние на качество сварки (равносильно отсутствию магнетизма). Для практической реализации этой технологии разработано размагничивающее устройство (РУ). Питание его силовой цепи осуществляется от того же сварочного агрегата, который используют для сварки труб; питание цепи управления — от сети переменного тока частотой 50 Гц, 220 В. Необходимые для размагничивания импульсы магнитных полей создает намотанная на трубу обмотка. Для удобства монтажа она составлена из секций многожильного кабеля, соединенных разъемами. Управление процессом размагничивания осуществляют с выносного пульта управления. Уровень магнитной индукции в зазоре между свариваемыми кромками контролируют магнитометром с пределами измерений 1–200 мТл.

В течение 1999–2000 гг. введены в эксплуатацию девять образцов РУ: на ГАО «Приднепровские магистральные нефтепроводы», ГАО МН «Дружба» (Украина) и ГПТН «Дружба» (Беларусь).

В результате контрольной сварки трубных соединений установлено, что уровень индукции в разделке должен быть не более 8–10 мТл. Наличие магнитного поля с уровнем индукции до 8 мТл сварщик вообще не отмечает, в диапазоне индукций 8–10 мТл сварщик отмечает возрастающее волнение металла в сварочной ванне, при индукции выше 10 мТл начинается разбрызгивание металла из зоны сварки, а при индукции выше 30 мТл сварка практически невозможна.

Фактические уровни индукции были измерены в процессе ремонтных работ на трубопроводах диаметром 1220, 1020, 720 и 530 мм, большая часть которых прошла диагностику магнитными дефектоскопами. После удаления дефектных участков индукция на свободных концах трубопроводов, прошедших магнитную дефектоскопию, составляла 15–25 мТл. После стыковки под сварку бездефектных вставок (катушек) индукция в разделке увеличивалась в 3–5 раз и достигала уровня 50–120 мТл. Индукция на свободных концах трубопроводов, не прошедших дефектоскопию, составляла 2–8 мТл, была распределена по окружности трубы крайне неравномерно, а после стыковки с катушкой увеличивалась до уровня 8–20 мТл с таким же неравномерным распределением.

В процессе ремонтных работ на трубопроводах указанных выше диаметров проводилось размагничивание как свободных концов трубопроводов, так и состыкованных под сварку трубопровода и катушки. Возможности технологии размагничивания до сварки и размагничивания свободных концов труб позволили сократить время ремонтных работ на



Размагничивание трубопроводов при их ремонте

40–50 мин на каждом стыке, и в ряде случаев (в частности, при ремонтных работах на трубопроводах «Кременчуг–Херсон» диаметрами 1020 мм и 720 мм) обойтись одним РУ на нескольких одновременно ремонтируемых участках. При размагничивании свободных концов обмотку РУ располагают на расстоянии 30–50 см от торца трубы. Для правильной стыковки катушку обычно выполняют несколько длиннее, чем длина вырезанного участка, и в процессе стыковки часть катушки или трубопровода (примерно 10 см) отрезают. Это необходимо учитывать при размагничивании свободного конца: на каждый потом отрезанный сантиметр трубопровода должно остаться по 0,4 мТл со знаком, противоположным его первоначальной намагниченности.

Размагничивание состыкованных под сварку трубопровода и катушки наиболее эффективно в тех случаях, когда вставляют катушку небольшой длины (1–2 м). В этом случае обмотку РУ располагают посередине катушки, и за один цикл размагничивания магнитное поле снижается в обоих зазорах, что дает дополнительную экономию времени ремонта. Такое размагничивание успешно проведено при ремонтных врезках коротких катушек, проведенных для снятия механических напряжений на участке трубопровода «Броды–Ужгород» (ГАО МН «Дружба»).

(Окончание на стр. 15)

Индукционная наплавка

И. А. Рябцев, канд. техн. наук, ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины

Сущность индукционной наплавки заключается в следующем. Наплавляемую деталь помещают в электромагнитное поле индуктора, который питается переменным током высокой частоты (ТВЧ). В массе металла детали или компактной присадки индуцируются вторичные переменные токи той же частоты, распределяющиеся в поверхностном слое металла и нагревающие этот слой. Чем выше частота тока, тем тоньше нагреваемый слой металла. Для стальных деталей преимущественный нагрев токами высокой частоты поверхностных слоев металла сохраняется вплоть до точки Кюри (768 °С). После того, как металл нагреется выше точки Кюри, глубина проникновения индуктированных токов увеличивается в 10–20 раз (в зависимости от частоты), благодаря чему распределение температуры в нагреваемом металле становится более равномерным. Детали или компактные присадки нагревают до плавления металла и соединяют. Для предохранения от окисления и улучшения сплавления основного и наплавляемого металлов применяют флюсы.

Следует отметить, что в наиболее распространенных способах индукционной наплавки в качестве присадочного материала применяют не компактные материалы, а шихту, состоящую из металлических порошков и флюсовых добавок. Металлические гранулы изолированы друг от друга частицами флюса, вследствие чего электропроводность порошкового слоя и выделение в нем энергии малы. По этой причине нагрев и

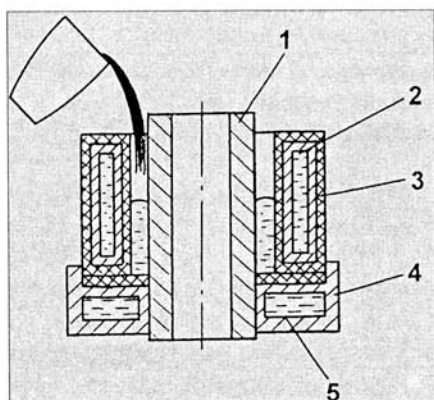


Рис. 1. Индукционная наплавка заливкой жидкого присадочного металла на подогретый основной металл

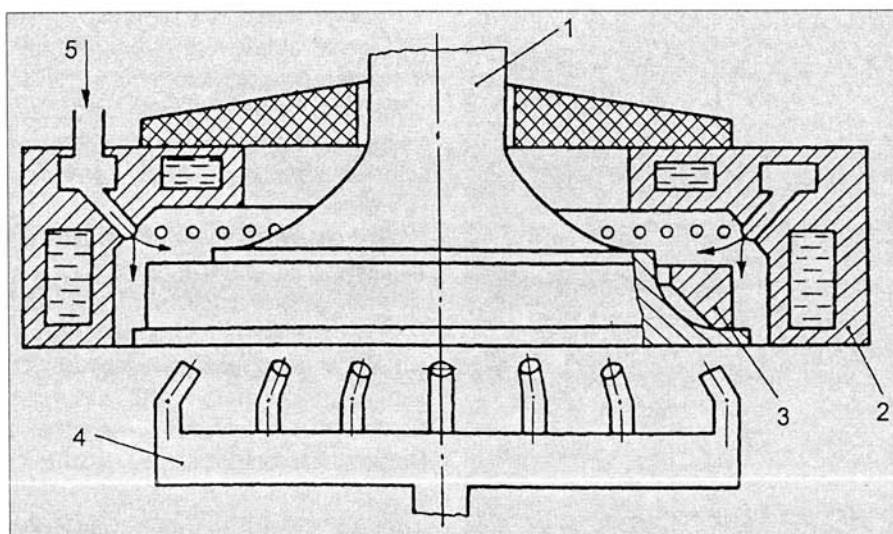


Рис. 2. Индукционная наплавка клапана двигателя внутреннего сгорания

расплавление порошковой шихты идет, в основном, за счет теплопередачи от нагреваемого ТВЧ основного металла.

Индукционный нагрев ТВЧ в настоящее время применяют в следующих способах наплавки:

- армирование расплавленного поверхностного слоя основного металла тугоплавкой и труднорастворимой присадкой;
- заливка жидкого присадочного металла на подогретый основной металл;
- расплавление брикетированного или монолитного материала на основном металле;
- погружение подогретой детали в формутигель с расплавленным сплавом;
- центробежная наплавка деталей цилиндрической формы;
- расплавление порошковой шихты, нанесенной на наплавляемую поверхность детали.

Армирование расплавленного поверхностного слоя основного металла тугоплавкой и труднорастворимой присадкой. При использовании этого способа в качестве присадки применяют зерновой релит (карбид вольфрама) или крупку измельченных металлокерамических сплавов. Присадку вместе с флюсом (борная кислота) наносят на наплавляемую поверхность детали. Затем деталь вводят в индуктор, в котором поверхностный слой разогревается до температуры плавления и оплавляется. Зерна при-

садочного материала при этом не расплавляются и погружаются в оплавленный поверхностный слой. Закрепление зерен релита в матрице происходит за счет их частичного растворения и смачивания расплавом.

Армированный поверхностный слой представляет собой литую стальную матрицу с вплавленными в нее зернами тугоплавкого компонента. Как показывают исследования, тугоплавкие частицы практически не изменяют при таком способе наплавки свою структуру и твердость.

Способ отличается простотой и обеспечивает высокие эксплуатационные свойства наплавляемых деталей. Он нашел применение для упрочнения шарошек буровых долот.

Заливка жидкого присадочного металла на подогретый основной металл. Принципиальная схема процесса показана на рис. 1. Наплавляемую поверхность детали 1 покрывают слоем флюса и помещают в индуктор 2, поверхность которого защищена огнеупорным составом 3. После нагрева детали до нужной температуры напряжение отключают и снизу к индуктору подводят медное водоохлаждаемое кольцо 4. В образовавшуюся своеобразную форму из ковша заливают порции металла 5, расплавленного в индукционной печи или в другом плавильном агрегате. Метод наплавки жидким присадочным материалом достаточно широко

Индукционная наплавка

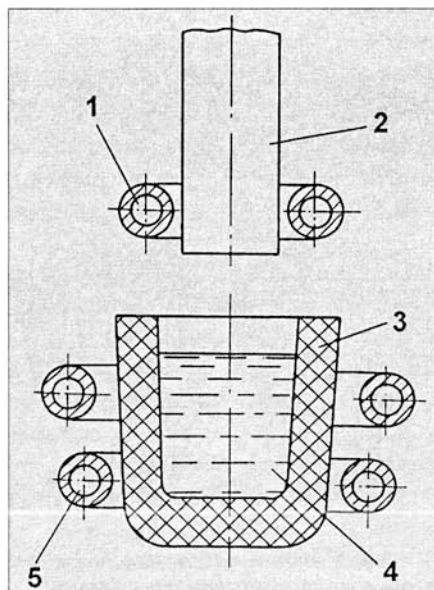


Рис. 3. Наплавка подогретой детали погружением в форму—тигель с расплавленным сплавом

используют для наплавки деталей, работающих в условиях абразивного изнашивания: опорных катков тракторов, бил углеразмельных мельниц, пальцев ковшовых цепей экскаваторов и т. д.

Расплавление брикетированного или монолитного материала на основном металле. Метод можно проиллюстрировать на примере наплавки клапанов двигателей внутреннего сгорания (рис. 2). Присадочным материалом в этом случае служит литое кольцо 3 из жаростойкого сплава, которое укладывают в выточку на опорной поверхности клапана 1. Нагрев и плавление сплава производят в кольцевом индукторе 2, охватывающем наплавляемый участок. Через индуктор подается защитный газ 5. Температура нагрева на 50–100 °С превышает температуру плавления сплава. Существенной особенностью является то, что в конце процесса поверхность клапана, противоположная наплавляемой, обрызгивается водой из спрейера 4, что обеспечивает направленную кристаллизацию сплава и его повышенные эксплуатационные свойства.

Погружение подогретой детали в форму—тигель с расплавленным сплавом (рис. 3). По этому способу подогретую в ин-

дукторе 1 деталь 2 погружают в керамическую форму 3 с расплавленным металлом 4. Керамическая форма повторяет контуры упрочняемой поверхности. Для раскисления расплава, предохранения его от угара легирующих элементов и улучшения сплавления с основным металлом на поверхности ванны может находиться жидкий шлак. Расплавление присадочного материала производится индуктором 5. В этом случае не имеет значения соотношение температур плавления основного и присадочного металлов. Способ нашел ограниченное применение, несмотря на внешнюю простоту.

Центробежная наплавка деталей цилиндрической формы. Наибольшее распространение этот способ получил при изготовлении различных биметаллических втулок. Известны два варианта реализации этого способа наплавки (рис. 4), отличающиеся применяемым присадочным материалом. Можно использовать присадочный материал в твердом состоянии в виде металлических порошков, стружки и т. п. В этом случае плавление присадки идет за счет теплопередачи от нагреваемого ТВЧ основного метал-

ла. По второму варианту присадочный металл плавят в отдельной емкости и заливают в расплавленном состоянии внутрь вращающегося наплавляемого цилиндра.

Особенностью является формирование наплавленного металла под действием центробежных сил, которые, с одной стороны, способствуют более равномерному распределению расплава на основном металле и удалению вредных примесей, а с другой — усугубляют ликвационные явления. Поэтому при наплавке сильно ликвирующих сплавов необходимо применять специальные технологические меры: регламентировать количество заливаемого металла, температуру и продолжительность нагрева, число оборотов центробежной машины, скорость охлаждения металла и др. Примерами реализации этого способа является центробежная наплавка гильз автомобильных двигателей, гильз гидроцилиндров и червячных машин.

Расплавление порошковой шихты, нанесенной на наплавляемую поверхность детали. Способ основан на использовании ТВЧ для нагрева основного металла

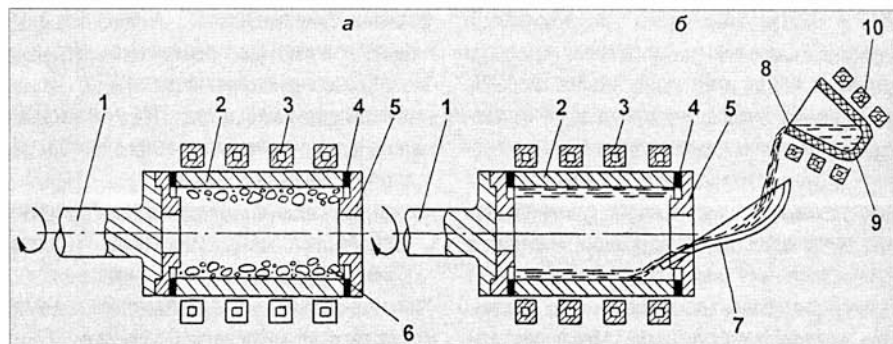


Рис. 4. Принципиальные схемы индукционной наплавки центробежной заливкой с использованием твердого (а) и расплавленного (б) присадочного материала: 1 — шпиндель центробежной машины; 2 — наплавляемая деталь; 3 — индуктор; 4 — прокладка; 5 — крышка; 6 — шихта; 7 — керамический желоб; 8 — расплавленный металл; 9 — тигель; 10 — индуктор плавильного агрегата

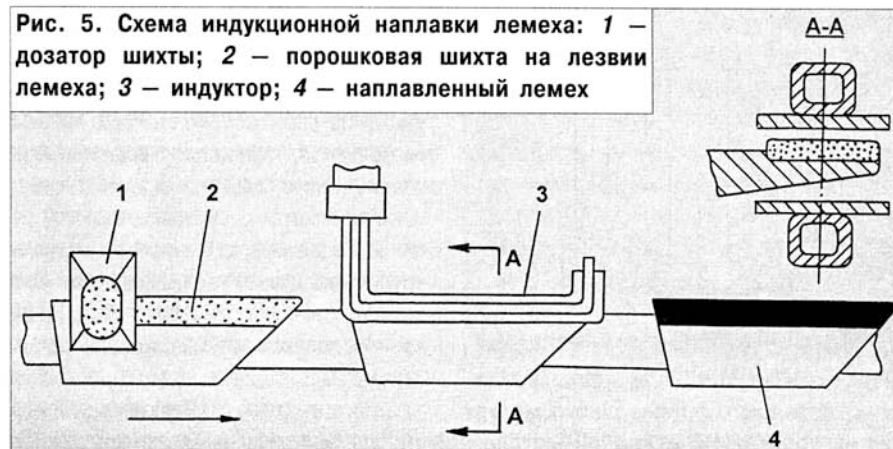


Рис. 5. Схема индукционной наплавки лемеха: 1 — дозатор шихты; 2 — порошковая шихта на лезвии лемеха; 3 — индуктор; 4 — наплавленный лемех

и расплавления расположенной на нем порошковой шихты. Нашел наибольшее распространение в промышленности. В массовом производстве освоена индукционная наплавка этим способом лемехов плугов, лап культиваторов, ножей-ботворезов, рештаков угольных конвейеров и других деталей (рис. 5). Производительность наплавки достигает 10 кг/ч. Возможно получение наплавленных слоев толщиной 0,4 мм и более.

Шихту — смесь порошка сормаита с флюсом (бура, борный ангидрид, силикокальций, фтористый кальций и др.) — наносят на наплавляемую поверхность и с помощью специального приспособления вводят в индуктор. Конструкция индуктора и расположение в нем детали зависят от конфигурации упрочняемого участка. Источником питания, как правило, служат ламповые высокочастотные генераторы с частотой 70 кГц. При включении индуктора в поверхностных слоях основного металла индуцируются токи, и наружный слой металла быстро разогревается. Слой порошковой шихты слабо реагирует на воздействие переменного электромагнитного поля, и шихта нагревается в основном за счет теплопередачи от основного металла. По этой причине температура плавления шихты должна быть ниже температуры плавления основного металла.

Флюс, входящий в состав шихты, плавится, растворяет оксиды, обеспечивает хорошее смачивание наплавляемой поверхности и растекание по ней износостойкого сплава. При наплавке этим способом никакой специальной подготовки поверхности изделия не требуется. Можно наплавлять поверхности как механически обработанные, так и покрытые слоем оксидов после металлургического передела (прокатки).

Наплавочные материалы. При использовании метода армирования расплавленно-

Таблица. Химический состав металлических порошков для индукционной наплавки и твердость наплавленного ими металла

Марка (условное наименование)	Массовая доля элементов, %									Твердость наплавленного металла HRC ₃
	C	Mn	Si	Cr	Ni	W	B	Mo		
Порошки сплавов на основе железа (ГОСТ 21448–75)										
ПР–У30Х28Н4С4 (ПГ–С1)	3,0	1,2	3,5	29,0	4,0	–	–	–	–	49–52
ПР–У40Х27Н2С2ВМ (ПГ–С27)	3,8	1,2	1,5	26,5	1,8	0,3	–	0,15	–	51–54
ПР–У50Х38Н2С2Г2 (ПГ–УС25)	5,0	2,5	2,0	38,0	1,5	–	–	–	–	53–56
ПР–У45Х35ГСР (ПГ–ФБХ 6–2)	4,5	3,0	1,8	35,0	–	–	1,6	–	–	55–60
Наплавочные смеси на основе железа (ГОСТ 11546–75)										
800Х24Г7С (С–2М)	8,0	7,5	2,0	25,0	–	–	–	–	–	≥54
450Х45РС (КБХ)	5,0	0,5	1,3	47,0	–	–	–	–	–	≥60
50Х40Р7С (БХ)	0,7	0,5	1,0	40,0	–	–	8,0	–	–	≥63
400Х30Г4Р2С2 (ФБХ 6–2)	4,5	4,0	2,0	32,0	–	–	1,7	–	–	≥53

го поверхностного слоя основного металла тугоплавкой и труднорастворимой присадкой в качестве последней, как правило, используют зерновой релит-эвтектическую смесь карбидов вольфрама WC и W₂C. Можно также использовать дробленую крупку твердых сплавов типа ВК или ТК (карбиды вольфрама и титана с кобальтовой связкой).

Для индукционной наплавки клапанов применяли литые кольца из сплава на основе никеля ЭП–616 (мас. доля, %: С–1,2; Si–3,0; Mn–0,4; Cr–17,0; Ti–0,2; Al–0,6; Fe–3,0; В–1,5; Cu–0,25; Ni–остальное).

Для индукционной наплавки рабочих органов сельскохозяйственных, дорожных и строительных машин используют порошки сплавов и наплавочные смеси на основе железа (таблица).

Порошковая шихта для индукционной наплавки представляет собой смесь металлических порошков с флюсом. В шихте содержится 82–85% по массе металлического порошка, остальное — флюс.

Для индукционной наплавки наиболее широко применяют флюсы, представляющие смесь буры и борного ангидрида (борной кислоты). Точной дозировки флюсы для индукционной наплавки, как правило, не имеют, однако, например, лучшая растекаемость расплава флюса обеспечивается при содержании в смеси 40% буры и 60% борного ангидрида. Для улучшения раскисления во флюс вводят до 10% силикокальция, а для улучшения делимости шлаковой корки — до 40% сварочного флюса АН–348, соответственно уменьшая содержание буры и борного ангидрида. ■ #67

(Окончание. Начало на стр. 12)

По результатам хронометража 10–ти разных случаев размагничивания длительность процесса составила в среднем около 20 мин: до 10 мин — монтаж обмотки, до 2 мин — размагничивание и контроль уровня магнитного поля, до 8 мин — демонтаж обмотки. Монтаж и демонтаж обмотки ведут два сварщика, присоединение кабелей питания к сварочному агрегату и передвижной электростанции — обслуживающий их персонал, размаг-

ничивание и контроль — один из сварщиков.

Для доказательства возможности сохранения размагниченного состояния исследованы вырезанные из намагниченного нефтепровода трубы диаметром 1220 мм, которые были размагничены в зоне стыка предложенным способом. В течение 15 месяцев наблюдали за остаточным полем в контрольной точке зазора. Оно медленно, со скоростью 1мТл в месяц изменялось, приобретая первоначальную намагниченность трубы.

На участке трубопровода «Лисичанск–

Кременчуг» диаметром 1220 мм на одном из размагниченных стыков в процессе сварки работы были прекращены и трубы разведены для устранения неисправностей. После повторной установки труб под сварку магнитное поле в зазоре осталось на размагниченом уровне, что указывает на сохранение размагниченого состояния.

Разработанные технология размагничивания и РУ обеспечивают снижение намагниченности труб до уровня, необходимого для качественной сварки. ■ #66

ГОРЕЛКИ ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СВАРКИ В СРЕДЕ ЗАЩИТНЫХ ГАЗОВ С ИЗМЕНЯЮЩИМСЯ ВЫЛЕТОМ ВОЛЬФРАМОВОГО ЭЛЕКТРОДА

Автоматическая сварка неплавящимся электродом получила широкое применение при изготовлении изделий ответственного назначения из сплавов алюминия, нержавеющей стали и других металлов и сплавов, где требуется получение сварных швов высокого качества и хорошего товарного вида. Это в значительной степени зависит от сохранения постоянным расстояния между торцом электрода и сварочной ванной.

Известно, что в процессе сварки вольфрамовый электрод испаряется, вследствие чего увеличивается длина дуги. Это приводит к повышению ширины сварного шва, уменьшению глубины проплавления и снижению качества сварных соединений. Поэтому при эксплуатации существующих сварочных горелок предусматриваются периодическая остановка процесса сварки, охлаждение горелки и выдвижение электрода на требуемую величину. Таким образом, имеют место непроизводительный расход рабочего времени и связанное с регулировкой длины дуги снижение качества сварного шва в местах остановок процесса.

Системы автоматического регулирования

вылета электрода дорогостоящие, сложные по устройству и трудоемкие в изготовлении и эксплуатации. Кроме того, в таких системах невозможно сохранять неизменным расстояние от сопла горелки до свариваемого металла.

Предлагаемая конструкция горелки позволяет регулировать длину дуги без прекращения процесса сварки. Такие горелки разработаны для эксплуатации на разных токах. Например, горелка ГН-3 работает на токе 300–600 А, ГН-6 — на токе 600–1000 А, ГН-12 — на токе 1000–1500 А.

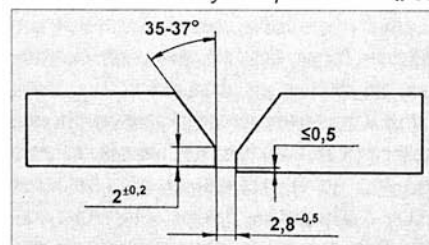
На рис. 1 показана конструкция горелки ГН-6 для сварки вольфрамовым электродом диаметром 6–8 мм. Горелка состоит из керамического сопла 1, корпуса 2, цанги 3, втулки цанги 4, рукоятки перемещения электрода 5, втулки крепления горелки 6 и токоподвода 7.

На рис. 2 приведена горелка большой мощности для сварки вольфрамовым электродом диаметром 10–12 мм. Горелка состоит из водоохлаждаемого сопла 1, переходной фторопластовой втулки 2, корпуса 3, цанги 4, втулки цанги 5, рукоятки перемещения электрода 6, втулки крепления горелки 7 и токоподвода 8.

В новых горелках постоянство величины вылета электрода поддерживается периодическим, по мере необходимости, вращением рукоятки 6, для чего отпускают нижнюю фиксирующую гайку. При этом процесс сварки не прекращают.

Горелки ГН-3, ГН-6 и ГН-12 были изготовлены и опробованы в ОАО «Азов».

*В. А. Роянов, д-р техн. наук,
Г. Г. Псарас, канд. техн. наук,
И. В. Захарова, инженер,
Приазовский Государственный
технический университет. ■ #68*



ЭЛЕКТРОДЫ ТМУ-21У ДИАМЕТРОМ 2,5 ММ ДЛЯ СВАРКИ КОРНЕВОГО ШВА СТЫКОВ ТРУБ

АО «Электродный завод» (С.-Петербург) разработало модификацию электродов марки ТМУ-21У диаметром 2,5 мм для сварки корневого шва стыковых соединений трубопроводов без подкладных колец («на весу») с постоянным током обратной полярности. Электроды соответствуют типу Э50А по ГОСТ 9467.

Типичный химический состав и механические свойства наплавленного металла:

Содержание в наплавленном металле, масс. %:

C	0,08
Si	0,41
Mn	0,96
S	0,009
P	0,023

Предел текучести, МПа	510
Временное сопротивление разрыву, МПа	600
Относительное удлинение, %	28
Ударная вязкость, Дж/см ² , при температуре:	
+20 °С	205
-20 °С	117

Сварку электродами ТМУ-21У диаметром 2,5 мм выполняют в разделку, размеры которой приведены на рисунке.

Электроды обеспечивают полное сплавление кромок, гарантированное проплавление корня разделки с образованием обратного валика. Электроды ТМУ-21У диаметром 2,5 мм рекомендуют для сварки корневых швов стыковых соединений труб из низкоуглеродистых сталей диаметром 59–219 мм.

АО «Электродный завод», С.-Петербург. ■ #69

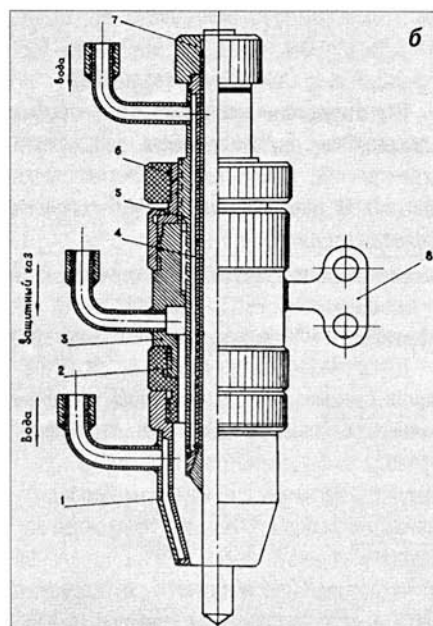
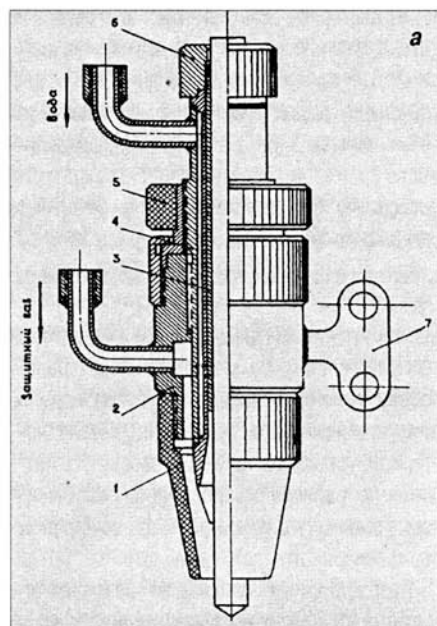


Рис. 1. Общий вид горелок: а — ГН-6 с керамическим соплом; б — ГН-12 с водоохлаждаемым соплом

ВОССТАНОВЛЕНИЕ НАПЛАВКОЙ ВЕДУЩИХ ЗВЕЗДОЧЕК БУЛЬДОЗЕРА

Детали ходовой части транспортных гусеничных машин эксплуатируются в условиях интенсивного трения металла о металл при наличии прослойки абразива и испытывают значительные контактные ударные нагрузки, вследствие чего преждевременно изнашиваются. В связи с этим вопрос о выборе способа и технологии упрочнения рабочих поверхностей с целью повышения надежности и долговечности машины весьма актуален. Не менее важно решение проблемы восстановления изношенных деталей для повторного их использования.

Ведущие звездочки бульдозеров на базе тракторов Т-100, ТЦ-130, «Интер», «Камацу» и др. работают в тяжелых условиях. Сложный характер изнашивания контактных пар зубья-втулки и наличие вязкого водоземлюсионного слоя с большим количеством частиц кварца различной фракции усиливают истирание рабочих поверхностей, что приводит к изнашиванию закаленного поверхностного слоя примерно в два-три раза быстрее, чем это предусмотрено нормативами. Износ зубьев звездочки достигает 50–60 мм, а впадин составляет 20–25 мм. Такая неравномерность изнашивания криво-

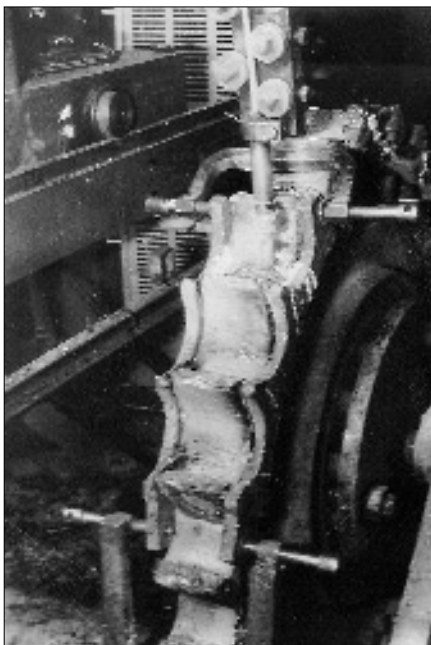


Рисунок. Восстановление зубьев колес методом горки

линейной поверхности значительно усложняет технологию восстановления.

Ведущие звездочки бульдозеров в основном изготавливают из высокоуглеродистых литых сталей, легированных марганцем и молибденом, с закаливанием рабочей поверхности до твердости примерно 420 HV на глубину до 5 мм.

С учетом требований, предъявляемых к материалу звездочек, работающих в контакте с гусеничной цепью, была опробована технология нанесения рабочего слоя оптимальной твердости и высокой износостойкости путем применения легирующих флюсов. Для наплавки под слоем флюса целесообразно использовать наплавочный материал, не содержащий дорогих легирующих элементов (W, Ni, V), но обеспечивающий достаточную износостойкость. Хромомарганцевоборидные сплавы (Fe-Cr-Mn-B) являются в этом смысле наиболее приемлемыми.

Установлено, что износостойкость рабочего слоя наиболее высокая при наплавке под механической смесью флюсов АН-348А+АНК-18 с добавками легирующих элементов. Наплавку производили сварочной головкой А-1416, дополнительно оборудованной механизмом колебания электрода. Диапазон колебаний от 0 до 140 мм, частота колебаний — регулируемая. Для восстановления звездочек использовали проволоки Св-08Г2С и Нп-30ХГСА диаметром 2 мм. Режим обработки: постоянный ток обратной полярности, номинальный ток 260–300 А, напряжение на дуге 32–35 В, скорость подачи проволоки 119 м/ч, скорость наплавки 20 м/ч, шаг наплавки 6–8 мм.

Зубья наплавляли методом горки (рисунки). Наплавку производили в кокиль, одновременно являющийся шаблоном для контроля заданного шага и формы зуба.

Поскольку износ у кромки зуба больше, была выбрана кинематическая схема механизма колебания электрода с замедлением в зоне выработки.

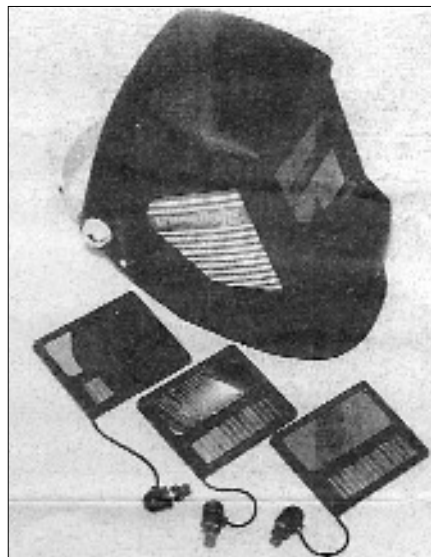
В зависимости от модели бульдозера выбирают технологию восстановления зубьев: по ширине, шагу, износу и др.

После наплавки поверхность зубьев не требует термической и механической обработки. Структура наплавленного металла феррито-перлитная, переходящая в игольчатый троостит. Твердость наплавленного

слоя поверхности контакта составляет 400–420 HV. В зоне сплавления нет трещин и непроваров.

Е. А. Чередник, инж.,

В. В. Перемитко, канд. техн. наук,
Днепродзержинский государственный
технический университет. ■ #70



АВТОМАТИЧЕСКИЙ СВЕТОФИЛЬТР

ООО «Институт лазерных технологий и приборостроения» разработало и производит автоматический светофильтр АСФ «Хамелеон».

При использовании автоматического светофильтра сварщик может выполнять все стадии сварочных работ, не поднимая маску. АСФ «Хамелеон» имеет потенциометр для плавного регулирования степени затемнения. Электропитание комбинированное: от литиевого элемента и солнечной батареи.

Техническая характеристика:

Степень затемнения, № 8–14
Полное время включения затемнения, мс,
при температуре:

–10 °С 1,0
+20 °С 0,2
+30 °С 0,1

Температура эксплуатации, °С –10...+55

Исходное светопропускание, 5–10

Размер смотрового окна, мм 44×98

Габаритные размеры, мм 110×90×9

Масса, кг 110

ООО «Институт лазерных технологий
и приборостроения»,

г. Сосновый Бор. ■ #71

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: 03150 Киев, а/я 52 или позвонить по телефону (044) 261-0839.

В верхнем поясе мостового крана под подошвой подтележного рельса и в элементах его крепления образовались усталостные трещины.

Посоветуйте, пожалуйста, как осуществить ремонт, чтобы в дальнейшем предупредить появление трещин?

Костенко И. И. (Одесса)

В приведенном случае рекомендуем применить ремонт трещин разделкой и повторной заваркой с усилением накладками (рисунок).

Трещины засверливают на концах, разделяют и заваривают, после чего снимают выпуклость шва и устанавливают усиливающую накладку. В данном случае накладки применяют для выравнивания опорной плоскости под рельс и приварки к ним элементов крепления. Накладки уменьшают давление кромок рельсов на листы диафрагм, устраняют контакт рельса с поясом и его повреждение при обрезке креплений в процессе очередной рихтовки или замены рельсов. Если рельс выполнен из приваренного к поясу квадрата, то часть его удаляют, а на вставке фрезеруют впадину. Стыки вставки заваривают с полным проваром, после чего выполняют продольные швы для крепления ее к поясу и накладке. Трещины, распо-

ложенные на одной стороне пояса, не заходящие под подошву рельса, после разделки и заварки можно прикрыть накладкой, которая не должна доходить до подошвы рельса. Ремонт трещины, выходящей на кромку пояса, производят следующим образом:

- сверлят в стенке по трещине отверстие диаметром 20–25 мм;
- удаляют участок шва, соединяющий пояс со стенкой, на длине 100 мм;
- разделяют трещину в поясе, к торцу прикрепляют выводные планки;
- подваривают нижнюю часть шва над отверстием;
- выбирают трещину сверху;
- трещину заваривают обратноступенчатым способом от ее вершины на выводные планки;
- выводные планки отрезают и обязательно затачивают торцевую часть шва;
- заваривают шов, соединяющий полку и стенку.

Если необходима герметизация внутренней полости балки, то на отверстие установ-

ливают накладку и приваривают ее по периметру, не заваривая участок 60 мм над отверстием. Размеры накладки не менее 140×80×5 мм. Оставшаяся щель должна быть зашпаклевана и покрашена.

Каковы правила обращения с газовыми горелками? Обязан ли газосварщик самостоятельно устранять неисправности газовых горелок или выполнять ремонт используемых в работе горелок?

Зеленодольский И. П. (Кривой Рог)

Поскольку в горелках происходит смешивание горючего газа с окислителем—кислородом и воздухом в требуемом соотношении и образуется пламя нужного состава и формы, то от ее исправности зависит качество выполнения сварочных работ. Это тем более важно, поскольку используемые газы могут образовывать взрывоопасные смеси с кислородом. При обращении с горелками следует соблюдать следующие правила:

при подготовке к работе:

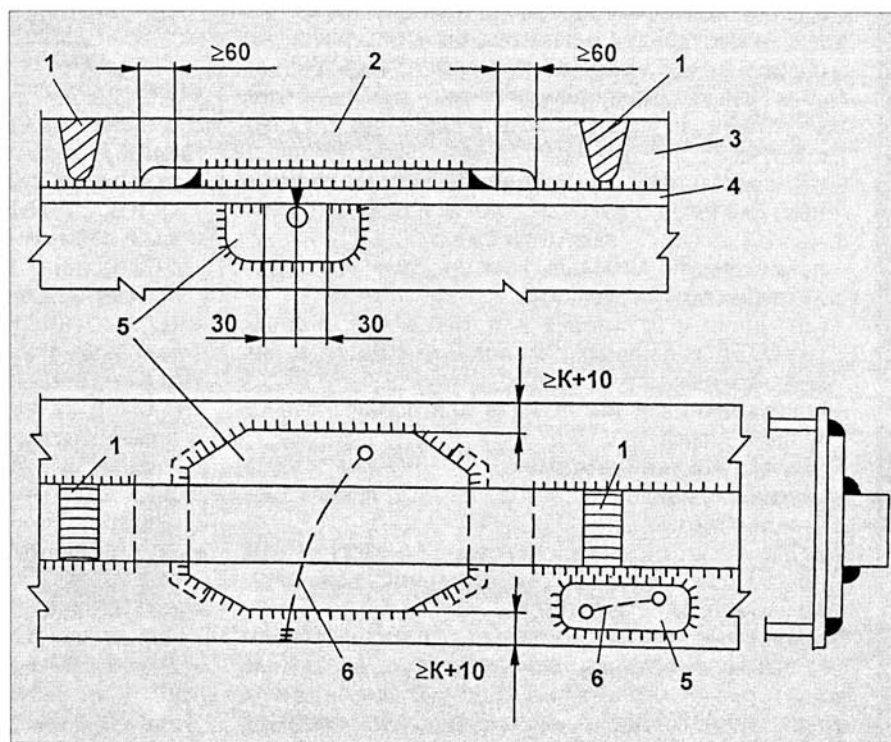


Рисунок. Ремонт трещин верхнего пояса с разделкой, заваркой и усилением накладками: 1 — стыки рельсов; 2 — вставка рельса; 3 — подтележный рельс; 4 — подошва; 5 — накладки; 6 — трещины

- осмотреть горелку и убедиться в соответствии номера наконечника толщине свариваемого металла;
- проверить герметичность резьбовых соединений и при необходимости подтянуть накидные гайки наконечника и ниппелей рукавов;
- проверить герметичность сальников вентиля и при необходимости подтянуть сальниковую гайку;
- проверить наличие разрежения (подсоса) во входном ацетиленовом ниппеле при пуске кислорода. При слабом разрежении следует проверить зазор между концом инжектора и входом в смесительную камеру, при необходимости вывернуть инжектор на 1/2–1 оборот из смесительной камеры. Если разрежение отсутствует (подсоса нет), следует проверить, не засорено ли отверстие инжектора или мундштука; *при выполнении работ:*
- установить необходимое давление с помощью редукторов;
- открыть кислородный вентиль для создания разрежения в канале горючего газа;
- открыть вентиль горючего газа и поджечь горючую смесь, истекающую из мундштука;
- регулировать мощность и состав пламени при помощи вентиля, устанавливая окислительное или науглероживающее пламя в зависимости от рода свариваемого металла;
- перекрыть при хлопках сначала ацетиленовый, а затем кислородный вентили. В случае сильного нагрева мундштука пла-

мя необходимо погасить и охладить горелку в воде;

после завершения работы:

- перекрыть вентили: сначала горючего газа, а затем кислородный во избежание хлопка, вывернуть нажимные регулировочные винты на редукторах;
 - проверить состояние мундштуков, очистить наружную поверхность от брызг расплавленного металла, протирая о свинец или твердый кусок дерева;
 - прочистить внутренний канал мундштука шестигранной иглой из латуни или другого металла мягче меди. Полезно иметь набор игл соответствующего диаметра для проверки и прочистки выходных каналов мундштуков горелки и следить за диаметром канала. При чрезмерной разработке и обгорании мундштука его следует заменить.
- Не допускается эксплуатация неисправных горелок, так как это может привести к взрывам и пожарам, а также ожогам газосварщика. Перед работой необходимо ознакомиться с инструкцией по эксплуатации горелки. Сварщик должен знать устройство горелки, уметь обнаруживать неисправности и быстро их устранять. В обязанности сварщика любой квалификации входит выполнение текущего (малого) ремонта, включающего:
- устранение наружных загрязнений (брызг, окалины) на мундштуках и наконечниках горелки;
 - прочистку выходных клапанов для создания разрежения (подсоса) в ацетиленовых каналах;

- устранение неправильной формы пламени калибровкой выходных каналов мундштука;

- устранение неплотностей в соединениях без разборки ствола горелки и наконечников.

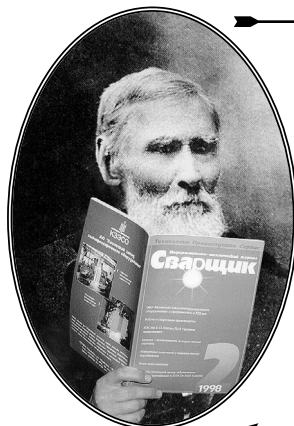
Другие неисправности, требующие разборки вентиля, подпайки корпуса с трубками, установки новой смесительной камеры взамен сгоревшей при обратном ударе, исправления седел вентиля, штуцера корпуса, ствола должны устраняться в ремонтных мастерских или слесарем по ремонту газосварочной аппаратуры, а на предприятиях с числом сварщиков менее пяти человек ремонт может производить сварщик, для чего необходимо: знать конструкцию горелки, принцип ее работы и иметь специальный инструмент.

Для выполнения ремонтных работ сварщик должен обязательно получить разрешение руководства предприятия, выдаваемое на основе решения квалификационной комиссии, принимавшей у сварщика соответствующий экзамен.

Правила обращения, последовательность в присоединении рукавов и открываний вентиля одинаковые как для горелок, работающих на газах—заменителях кислорода, так и для ацетиленовых горелок.

Штуцера и гайки для присоединения рукавов для подачи ацетилена и газозаменителей имеют левые резьбы и метки, а маховики — надпись «Горючий газ».

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



Журнал «Сварщик» — СОВРЕМЕННЫЙ источник технической информации.

Он дает мне возможность познакомиться с **НОВЫМИ** технологиями, оборудованием, материалами. Найти **ПАРТНЕРОВ** и рассказать о себе.

Я пользуюсь журналом «Сварщик» и его приложением «Торговый ряд» при решении производственных и коммерческих задач.

Реклама в «Сварщике» — ИСТОЧНИК МОЕГО И ВАШЕГО УСПЕХА!

Термическая обработка сварных соединений

Часть 4. Оборудование для термообработки

П. М. Корольков, ОАО «ВНИИ Монтажспецстрой» (Москва)

В комплект оборудования, применяемого для термообработки сварных соединений трубопроводов и корпусных конструкций, входят нагревательные устройства*, источники питания, посты управления и контроля (рис. 1). В монтажных, полевых и ремонтных условиях это оборудование используют в виде установок и постов для термообработки. К такому оборудованию предъявляют высокие требования, вытекающие из особенностей работы источников питания в режиме изменяющегося нагружения в процессе термообработки и из специфических условий выполнения работ.

Тепловой режим термообработки включает непрерывно следующие один за другим

три этапа: нагрев, выдержку и охлаждение. Температурные режимы этих этапов различны, причем диапазон температур должен выдерживаться строго. Следовательно, для обеспечения требуемого режима термообработки электрическое оборудование должно работать непрерывно при продолжительности нагрева ПН=100% (при нагреве и выдержке) и подвергаться неравномерному нагружению в зависимости от этапа термообработки. Режим работы оборудования зависит также от способа нагрева (индукционный, радиационный), конструкции электронагревателей и условий теплоотвода при местной термообработке, определяемых, например, типоразмером труб, расположением сварного соединения в пространстве (вертикальное, горизонтальное), толщиной и расположением

теплоизоляции и местом проведения термообработки (сборочная площадка, здание сооружаемого объекта, полевые условия).

К характерным особенностям строительства и ремонта трубопроводов и корпусных конструкций относятся: необходимость проведения работ в любое время года при различных температурах окружающего воздуха, возможном наличии сквозняков, ветра, пыли, осадков; выполнение операций на различной высоте при большом скоплении рабочего персонала; значительная удаленность сварных соединений от оборудования; необходимость выполнения большого объема работ в сжатые сроки. Все это выдвигает ряд технических требований к электрическим источникам питания, а также к постам и установкам для электронагрева:

* Характеристика нагревательных устройств приведена в журнале «Сварщик», № 4, 2000

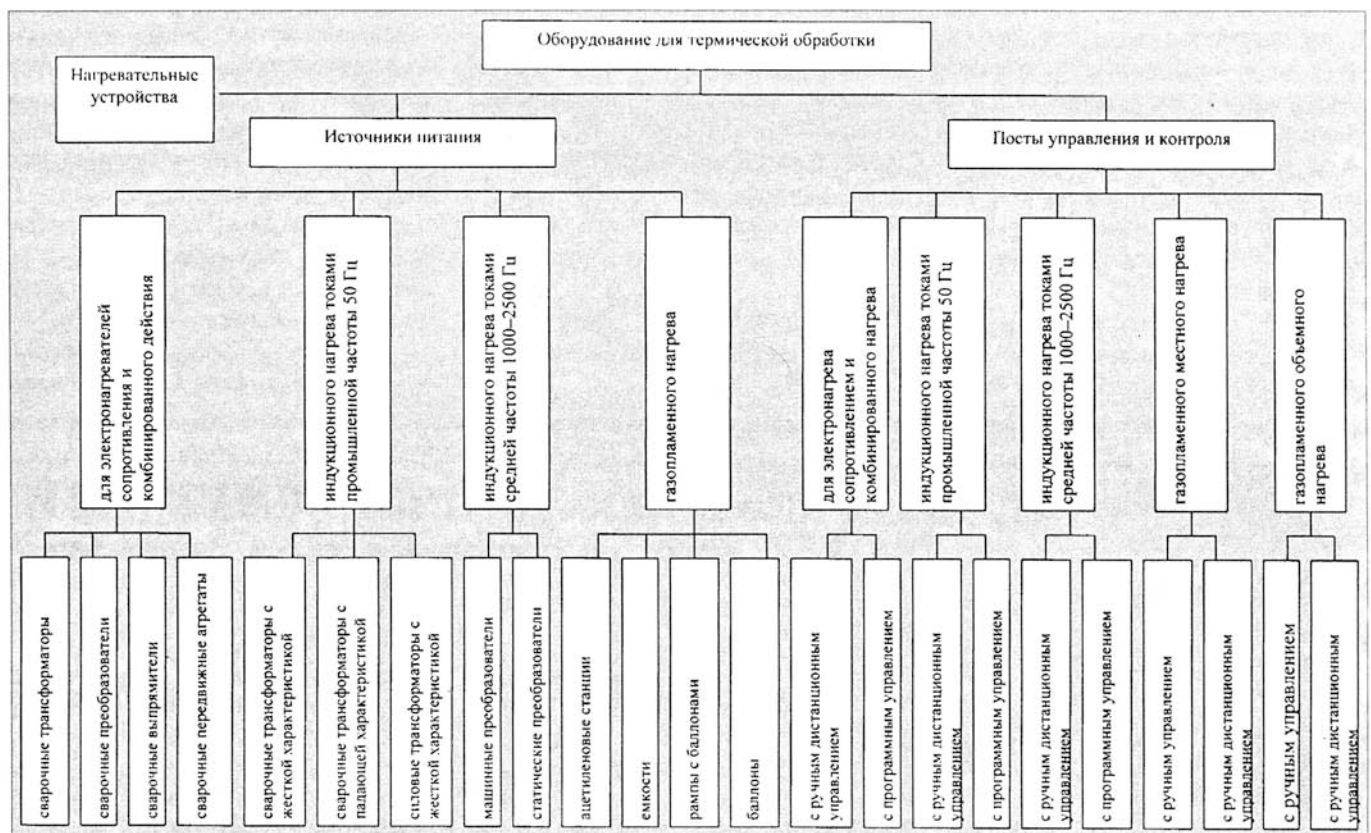


Рис. 1. Классификация оборудования для термообработки сварных соединений

Таблица 1. Технические характеристики трансформаторов для электронагревателей типа ГЭН, КЭН, ПТО

Параметр	ТДМ-254	ТДМ-317	ТДМ-401	ТДМ-503	ТДМ-503-2	ТДМ-503-4	ТД-504
Номинальный сварочный ток, А	250	315	400	500	500	500	500
Напряжение холостого хода, В	62	80	80	80	80	80	76
Продолжительность нагрузки ПН, %	25	60	60	60	60	60	60
Первичная мощность, кВ·А	16	20	26	34	34	34	32
Габаритные размеры, мм	440×282×502	555×585×818	555×585×848	555×585×888	660×585×888	690×585×888	725×515×815
Масса, кг	50	126	145	170	180	180	210

■ электрическая мощность и выходное (вторичное) напряжение источника питания должны быть достаточными для того, чтобы покрывать потери в участках цепи электронагрева;

■ источник питания электронагревателей должен устойчиво работать при ПН=100%, при этом срок его службы должен быть продолжительным;

■ источник питания должен обеспечивать необходимое (плавное или ступенчатое) регулирование подаваемой мощности вторичной цепи;

■ установка электронагрева должна обеспечивать дистанционное ручное или автоматическое регулирование процесса нагрева, быть надежной, удобной в эксплуатации, простой в обслуживании и экономичной;

■ схема электротермической установки должна предусматривать все необходимые средства защиты, обеспечивающие безопасность обслуживания оборудования и проведения термообработки.

К оборудованию для газопламенного нагрева предъявляют следующие требования:

■ оборудование должно иметь тепловую мощность, достаточную для покрытия расхода теплоты, необходимой для непосредственного нагрева сварного соединения, а также на неизбежные тепловые потери (нагрев воздуха, теплоизоляции и т. п.);

■ оборудование должно устойчиво работать непрерывно в течение длительного времени (иногда несколько суток);

■ в состав оборудования должно входить устройство, позволяющее обеспечивать необходимое (плавное или ступенчатое) регулирование тепловой мощности источника газопламенного нагрева;

■ оборудование для газопламенного нагрева должно обеспечивать дистанционное ручное или автоматическое регулирование процесса нагрева, быть надежным, удобным в эксплуатации, простым в обслуживании, позволяющим экономно расходовать горючие газы и жидкости;

■ конструкция оборудования должна предусматривать необходимые средства защиты, обеспечивающие безопасность его обслуживания при проведении термообработки.

В качестве электрических источников питания для местной термообработки сварных соединений применяют сварочное оборудование (трансформаторы, в отдельных случаях выпрямители, преобразователи постоянного тока, передвижные агрегаты постоянного тока), а также преобразователи средней частоты 1000–2500 Гц (см. рис. 1).

Сварочные источники питания в большинстве случаев рассчитаны на работу в номинальном режиме при ПН=40% или ПН=60%.

Учитывая то, что термическую обработку производят в режиме ПН=100%, сварочные источники питания, используемые для этих целей, могут работать только на часть номинального значения тока, которое определяют по формуле

$$I_{w,r} = I_{w,r} \cdot \sqrt{\frac{ПН_{н.р.}}{ПН_{н.т.}}}$$

где $I_{ном}$ — номинальный ток сварочного источника питания (по паспорту), А; $ПН_{ном}$ — номинальный режим работы сварочного источника питания (по паспорту), %; $ПН_{мо}$ — режим термообработки при ПН=100% источника питания, %.

Основным видом источников питания для местной термообработки сварных соедине-

ний с использованием электронагревателей сопротивления и комбинированного действия являются однофазные однопостовые трансформаторы для ручной дуговой сварки (табл. 1).

К достоинствам этих трансформаторов относятся их небольшие масса и габариты, что позволяет свободно перемещать их и устанавливать в местах проведения работ. Кроме того, небольшая единичная мощность и малые токи вторичной цепи (150–500 А), возможность плавного регулирования тока цепи нагрева, а также потребление электронагревателями только активной мощности небольшой величины делают применение указанных источников и в целом весь процесс нагрева достаточно удобным и экономичным. Однако отсутствие устройства для дистанционного управления сильно снижает достоинства таких трансформаторов и тем самым ограничивает область их применения.

Из трансформаторов, используемых для электронагревателей сопротивления и комбинированного действия, особо следует отметить ТДМ-503, рассчитанный на ток 500 А при ПН=60%. При термообработке (ПН=100%) он может работать на токе 300 А, что достаточно для трех секций ГЭН или КЭН-2 и одной секции КЭН-3 и КЭН-4.

Следует отметить, что при использовании постоянного тока электронагреватели комбинированного действия работают как электронагреватели сопротивления, так как отсутствует индукционная составляющая.

Таблица 2. Характеристики трансформаторов ТДФЖ, ТДФ, ТШС

Параметр	ТДФЖ-2002	ТДФ-1601	ТДФЖ-1002	ТДФ-1001	ТШС-1000-3*
Мощность, кВ·А	152	182	86	95	115
Продолжительность нагрузки ПН, %	100	100	100	100	100
Номинальный сварочный ток, А	2000	1600	1000	1000	1800
Напряжение холостого хода, В	120	95, 110	120	71, 75	62
Габаритные размеры	1400×750×1220	1200×830×1200	1400×750×1200	1200×830×1200	1470×900×1715
Масса, кг	790	1000	520	720	1400

* При однофазном включении

Термическая обработка сварных соединений

Часть 4. Оборудование для термообработки

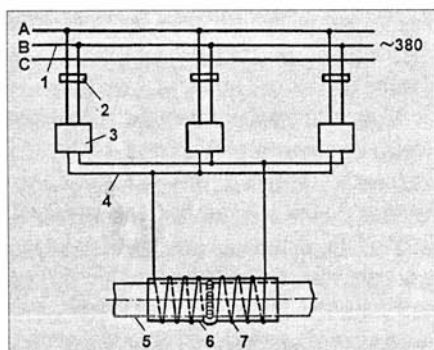


Рис. 2. Схема параллельного соединения сварочных трансформаторов для индукционного нагрева: 1 — трехфазная электрическая сеть переменного тока напряжением 380 В; 2 — контакторы; 3 — сварочные трансформаторы; 4 — провода для соединения индуктора с трансформатором; 5 — сварное соединение трубы; 6 — теплоизоляция; 7 — индуктор

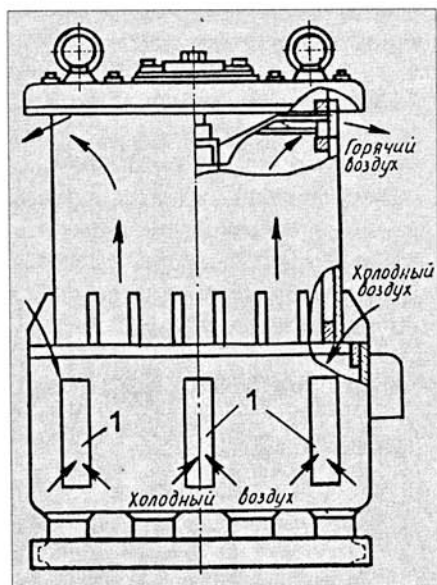


Рис. 3. Общий вид преобразователя ВПЧ-100-2400 с вырезами для дополнительного охлаждения (1 — вырезы в обшивке преобразователя)

Таблица 3. Преобразователи средней частоты 2500 Гц

Параметр	ВПЧ-50-2400	ВПЧ-100-2400	ППВЧ-250-2,4-380/600	ППВЧ-320-1,0-380/660
Рабочая частота тока, Гц	2400	2400	2965	2960
Мощность генератора, кВт	50	100	250	320
Напряжение генератора, В	800/400/200	800/400/200	800	800
Ток, А	69/139/273	139/278/556	329	400
Мощность электродвигателя, кВт	76	138	290	364
Расход воды, м ³ /ч	2,1	2,4	3,6	3,6
Габаритные размеры, мм	1306×860	1555×855	1870×1062	1870×1062
Масса, кг	1660	2240	4360	4400

Примечание. Охлаждение генератора воздушное.

При необходимости одновременной работы большого количества электронагревателей сопротивления и комбинированного действия, например при термообработке сварных соединений корпусных конструкций, в качестве источников питания можно использовать сварочные трансформаторы мощностью 70–180 кВ·А типов ТДФЖ, ТДФ и ТШС-1000-3 (табл. 2).

В этом случае следует учитывать, что электронагреватели сопротивления и комбинированного действия должны быть, как правило, подсоединены к источнику питания параллельно, что затрудняет регулировку тока в каждом отдельном электронагревателе. Поэтому такие источники питания рекомендуют использовать для электронагревателей с большой силой тока (КЭН-3 и КЭН-4).

В качестве источников питания при индукционном нагреве токами промышленной частоты применяют, главным образом, однопостовые трансформаторы типа ТДФЖ-2002, ТДФ-1601, ТШС-1000-3, предназначенные для автоматической дуговой сварки под флюсом.

Требуемый ток для индукционного нагрева (до 1600 А) в отдельных случаях обеспечивают параллельным соединением сварочных трансформаторов мощностью по 30–100 кВ·А, при этом необходимо соблюдать следующие правила:

- в группы для параллельного соединения необходимо подбирать трансформаторы одного типа, имеющие одинаковые характеристики, мощность и другие электрические параметры;
- первичные обмотки трансформаторов следует включать в электрическую сеть на одни и те же шины (например, А и В, В и С, С и А); вторичные обмотки — только параллельно (рис. 2);

- каждый трансформатор должен быть подключен к электрической сети через отдельный контактор;

- до включения в работу трансформаторы должны быть отрегулированы на одну и ту же мощность, дальнейшую регулировку мощности трансформаторов осуществляют в одних и тех же пределах (регулировать мощности рекомендуется при отключенных трансформаторах).

При параллельном соединении электрические характеристики цепи нагрева (на вторичных зажимах трансформаторов) будут следующие:

общая мощность

$$P_c = n P_m,$$

где n — число трансформаторов, шт.;
 P_m — мощность одного трансформатора, кВ·А;
 вторичное напряжение

$$U_{c2} = U_{m2},$$

где U_{c2} — вторичное напряжение одного трансформатора, В;
 суммарная сила тока

$$I_{c2} = n I_{m2},$$

где I_{m2} — сила тока во вторичной цепи трансформатора, А.

При выборе источников питания из сварочных трансформаторов предпочтение следует отдавать ТДФЖ-2002 и ТДФ-1601, имеющих плавную регулировку величины вторичного напряжения при большой мощности.

Для индукционного нагрева токами средней частоты 1000–2500 Гц применяют преобразователи, состоящие из машинного (индукторного) генератора средней частоты и асинхронного двигателя, соединенных между собой муфтой или помещенных на одном валу в одном корпусе.

Машинные преобразователи разделяют на преобразователи с горизонтальным и вертикальным расположением вала. В настоящее время наиболее широко применяют машинные преобразователи типа ВПЧ с вертикальным расположением вала (рис. 3). Такая конструкция генераторов позволяет уменьшить их массу, габаритные размеры и не требует специального фундамента. К недостаткам преобразователей типа ВПЧ следует отнести необходимость водяного охлаждения, что затрудняет их использование в монтажных условиях, особенно в зимнее время. Для удобства работ было предложено модернизировать преобразователи типа ВПЧ с целью создания условий для лучшего охлаждения за счет снятия части кожуха, что позволило отказаться от водяного охлаждения (см. рис. 3).

На базе машинных преобразователей, указанных в табл. 3, ЗАО «Прочность МК» (Москва) выпускает установки МИТ-100 и УИТ-250, имеющие примерно одинаковые электрические схемы. В состав установки МИТ-100 входит: 1 — преобразователь ВПЧ-100-2,4, шкаф запуска 2, постовое устройство 6 и пульт управления 3 (рис. 4). Шкаф запуска предназначен для облегчения пуска электродвигателя преобразователя путем переключения при пуске обмоток со «звезды» на «треугольник». В постовом устройстве размещены конденсаторы средней частоты 2500 Гц, которые совместно с индуктором 5 образуют колебательный контур, способствующий повышению коэффициента мощности схемы нагрева до значения, близкого к единице. Запуск преобразователя и управление его работой осуществляют с пульта установки ручным дистанционным

методом или при наличии программного устройства автоматически по специальной программе. В пульте управления находится также автоматический регистрирующий потенциометр, который с помощью термопары 4 осуществляет температурный контроль цикла термообработки.

Установка МИТ-100 предназначена для местной термообработки сварных соединений диаметром до 1020 мм с толщиной стенки до 90 мм, находящихся на расстоянии 100 м и более от преобразователя, а при восстановительной термообработке — диаметром до 426 мм. Возможно проведение групповой местной термообработки одновременно двух-трех сварных соединений диаметром до 325 мм.

Установка УТ-250 на базе преобразователя ППЧВ-250 предназначена для местной термообработки крупногабаритных сварных соединений больших диаметров и толщин стенок (трубопроводов АЭС, барабанов, котлов и др.). В частности, эту установку широко использовали при монтаже Запорожской и других АЭС с реактором ВВЭР-1000 для местной термообработки сварных соединений первого контура размером 990×70 мм из стали 10ГН2МФА и приварки трубопроводов к патрубкам реактора и парогенератора. К особенностям установки УТ-250 следует отнести обязательное водяное охлаждение преобразователя и постового устройства (конденсаторов).

В последние годы для местной термообработки сварных соединений в монтажных и ремонтных условиях применяют статические преобразователи средней частоты с инвертором на 1000–2500 Гц (рис. 5). Эти источники питания приходят на смену машинным преобразователям, так как являются более эконо-

мичными (меньше масса и габариты, примерно на 20% снижен расход электроэнергии), позволяют в процессе эксплуатации изменять частоту, а также в них отсутствуют вращающиеся части, что упрощает эксплуатацию. Однако статические преобразователи оборудованы сложной электроникой, что требует высокой квалификации обслуживающего персонала.

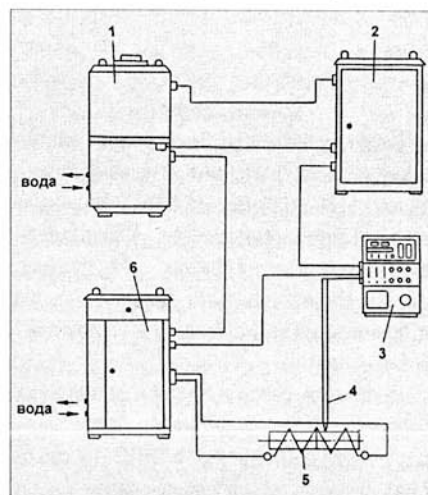


Рис. 4. Схема установки МИТ-100 для термообработки

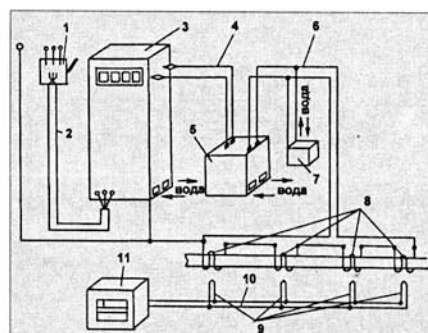


Рис. 5. Принципиальная схема установки с инвертором ППЧ-100-2,4 фирмы «Курай» (Уфа) для местной термообработки сварных соединений трубопроводов токами средней частоты: 1 — электрический рубильник; 2 — силовой кабель для питания установки; 3 — тиристорный преобразователь ППЧ-100-2,4; 4 — силовой кабель; 5 — высокочастотный трансформатор Т34-800; 6 — сварочный кабель сечением 140 мм; 7 — конденсатор ЭЭВК-0,5-2,4; 8 — гибкие индукторы из оголенного медного провода сечением 95 мм²; 9 — термоэлектрические преобразователи; 10 — термоэлектродный провод; 11 — автоматический регистрирующий потенциометр

Таблица 4. Характеристика установок со статическими преобразователями средней частоты

Тип установки	ИТ-100	ППЧ-63-2,4	ППЧ-100-2,4	ППЧ-160-2,4	ППЧ-250-2,4
Мощность, кВ·А	100	63	100	160	250
Выходное напряжение, В	400	400	400	400	800
Выходной ток в индукторе, А	300	300	300	250	400
Расход охлаждающей жидкости, м ³ /ч	—	1,0	1,2	1,2	1,5
Система охлаждения	Принудит. воздушная	Замкнутая водяная	Замкнутая водяная	Замкнутая водяная	Замкнутая водяная
Выходная частота, кГц	1,0-2,4	2,4-4,0	2,4-4,0	1,6-2,6	1,6-2,6
Масса, кг	1620	400	400	600	600
Габаритные размеры, мм	2 блока 1650×1050×1800	2 шкафа 600×600×1600	2 шкафа 600×600×1600	2 шкафа 600×600×1800	600×600×1800 1200×1130×1660
Наличие автоматического регулирования	Есть	Есть	Есть	Есть	Нет

Термическая обработка сварных соединений

Часть 4. Оборудование для термообработки

Принцип получения токов средней частоты заключается в том, что сначала в специальном выпрямительном блоке получают постоянный ток, который затем в преобразователе, имеющем сложную электронную схему, превращается в ток средней частоты (выпрямительный блок входит в состав преобразователя).

Основными разработчиками статических преобразователей для термообработки сварных соединений является НПП «Курай» (Уфа), выпускающий преобразователи серии ППЧ и ЗАО «Прочность МК» (Москва), производящее преобразователи ИТ-100, кото-

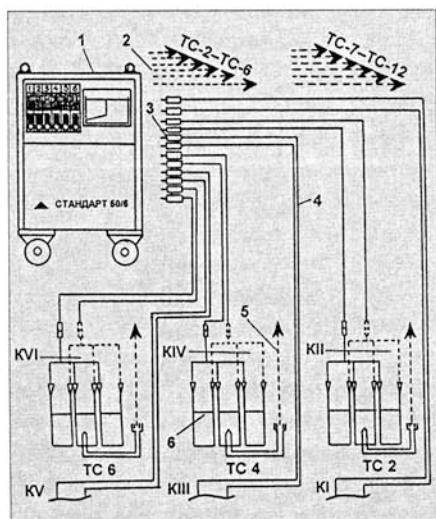


Рис. 6. Схема установки «Стандарт 50/6»: 1 — корпус; 2 — розетки для подключения термоэлектродных проводов; 3 — контакты для подключения электрических проводов для питания электронагревателей; 4 — электрические провода для питания электронагревателей в зонах нагрева I-VI; 5 — термоэлектродный провод от термоэлектрических преобразователей ТС-1 — ТС-6 к потенциометру в корпусе установки; 6 — секции электронагревателей

рые входят в состав одноименных установок для термообработки (табл. 4).

Аналогичные установки для термообработки сварных соединений выпускают и другие организации: НПО «ЭЛТЕРМ» (Екатеринбург) — установку УИТ-50-2,4, фирма «Электромеханика» (Ржев) — установку на базе преобразователей ТПЧТ-120 и ТПЧТ-160 и др.

Для термообработки сварных соединений трубопроводов и корпусных конструкций с использованием электронагрева применяют установки с программным и ручным дистанционным управлением процессом термообработки, а в отдельных случаях — посты с ручным управлением. Установки с программным управлением выполняют автоматическую регулировку цикла термической обработки по заранее заданной программе, что обеспечивает высокое качество сварного соединения.

В зависимости от типа установки программу можно задавать различными способами, например, путем заранее вычерченной диаграммы, за которой следит электронный луч, и при отклонении температуры от заданного режима появляется сигнал, отключающий или включающий источник питания.

В настоящее время наиболее современными программными установками для местной термообработки с электронагревателями сопротивления в монтажных и ремонтных условиях являются установки «Стандарт 50/6» (рис. 6) и «Стандарт 70/6». Установки типа «Стандарт» разработаны фирмой «Велдотерм» (Германия) и НПП «Инженерный и технологический центр» (С.-Петербург), их изготавливают совместно на фирме «СЭЛМА» (Симферополь) и в Германии.

Техническая характеристика установок «Стандарт 50/6» и «Стандарт 70/6» (в скобках):

Мощность, кВт.....	50 (70)
Число автономных зон нагрева.....	6
Напряжение трехфазной питающей сети, В.....	380
Рабочее напряжение, В.....	60
Единая мощность зоны нагрева, кВт.....	8,1 (10,8)
Общее число секций электронагревателей мощностью 2,7 кВт.....	18 (24)
Сила тока электронагревателей, А.....	60 (45)
Габаритные размеры, мм.....	1335×800×800
Масса, кг.....	490 (520)

Каждая установка представляет собой однокорпусный агрегат на колесном ходу, в верхней части которого расположены шесть программных устройств, автоматический

регистрирующий потенциометр, устройства для набора программы и регулирования работы установки. В нижней части корпуса размещена силовая часть установки — трехфазный трансформатор, обеспечивающий индивидуальное питание электронагревателей по каждой зоне нагрева, с необходимой пускорегулирующей аппаратурой.

В комплект каждой установки входят силовые, соединительные и термоэлектродные провода, запасные части, прибор для приварки термодпар, теплоизоляционные материалы. Установки комплектуют электронагревателями сопротивления с плоскими керамическими изоляторами (поверхностные электронагреватели).

НПП «Курай» (Уфа) разработало установку ТП6-100 для групповой термообработки электронагревателями сопротивления одновременно до шести сварных соединений трубопроводов по одной программе с автономной регулировкой параметров нагрева каждого сварного соединения.

Техническая характеристика установки ТП6-100:

Питающая сеть, три фазы, В.....	380
Мощность, кВт.....	100
Выходное напряжение, В.....	80
Число автономных зон нагрева.....	6
Время термообработки, ч.....	≤48
Температура, °С:	
предварительного подогрева.....	350
нагрева.....	1200
Скорость нагрева (охлаждения), °С/ч.....	1200
Габаритные размеры, мм.....	750×1150×1650
Масса, кг.....	630

В качестве средств нагрева применяют гибкие оплетенные электронагреватели ОГМО-1,6 (ОГМО-3,2), выпускаемые ООО «Унитех» (Уфа), которые могут быть использованы и как электронагреватели сопротивления, и как электронагреватели комбинированного действия.

Для термообработки сварных соединений газопроводов в полевых условиях с использованием муфельных нагревателей типа ПТО и электронагревателей ГЭН разработана специальная передвижная установка ОТС-62. Установка предназначена для обеспечения электрического питания и программной регулировки процесса термообработки сварных соединений трубопроводов на трассах. Установка ОТС-62 включает блок управления и передвижную электростанцию (на шасси автомобильного прицепа). Блок управления установлен на шасси автомобиля

КрАЗ-244Б и имеет операторское и трансформаторное отделения. В операторском отделении расположены пульт управления нагревателями, блок контрольных приборов, а в трансформаторном — шесть сварочных трансформаторов на силу тока 500 А каждый, вентиляционная установка и электроаппаратный шкаф. Установку изготавливали на Львовском механическом заводе.

При отсутствии программных установок для индукционного нагрева токами 50 Гц, а также для нагрева электронагревателями сопротивления и комбинированного действия могут быть использованы установки с дистанционным или ручным управлением (рис. 7). Эти установки в зависимости от типа электронагревателей (индукторы, ГЭН, различные типы КЭН) и размеров термообрабатываемых сварных соединений могут быть укомплектованы различными источниками питания (сварочными трансформаторами типа ТДМ, ТДФЖ-1002, ТДФЖ-1002 и др.).

Регулировку температурного цикла термообработки можно производить вручную (непосредственно оператором-термистом на источнике питания) или дистанционно путем

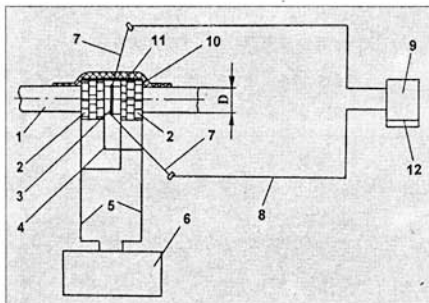


Рис. 7. Схема установки с дистанционным управлением процесса местной термообработки с использованием электронагревателей ГЭН и КЭН: 1 — трубопровод; 2 — электронагреватели ГЭН или КЭН; 3 — сварное соединение; 4 — электропровода для параллельного соединения электронагревателей; 5 — токоподводящие провода; 6 — источник питания — сварочный трансформатор; 7 — термоэлектрический преобразователь; 8 — термоэлектродный провод; 9 — автоматический регистрирующий потенциометр; 10 — теплоизоляционные маты; 11 — подкладка из стеклоткани; 12 — программное устройство (включается в схему дополнительно)

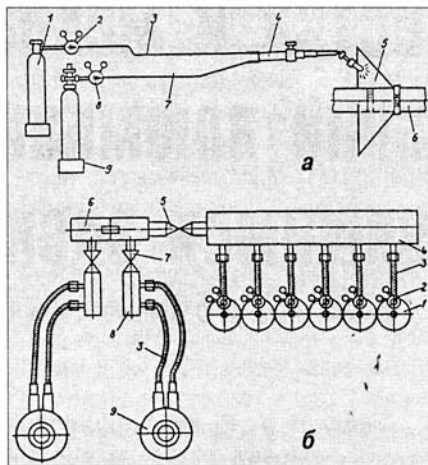


Рис. 8. Схемы постов для термообработки сварных соединений трубопроводов с использованием газопламенного нагрева:

а — пост с нагревом однопламенной ацетиленокислородной горелкой (1 — кислородный баллон; 2 — кислородный редуктор; 3 — кислородные шланги; 4 — однопламенная универсальная ацетиленокислородная горелка; 5 — воронка; 6 — сварное соединение; 7 — ацетиленовые шланги; 8 — ацетиленовый редуктор; 9 — ацетиленовый баллон); **б** — пост с нагревом кольцевой многопламенной горелкой (1 — баллоны с горючим газом; 2 — баллонные редукторы; 3 — масло-бензостойкие резиновые рукава; 4 — сборный коллектор; 5 — пробковый кран; 6 — разборный коллектор; 7 — запорные вентили; 8 — отборники горючего газа; 9 — кольцевые многопламенные горелки)

подачи сигнала на изменение силы тока с дистанционного пульта управления. Возможно также использование специальных программных устройств, включаемых в нагревательную схему установки и позволяющих автоматизировать систему регулирования процесса термообработки.

Для термообработки сварных соединений трубопроводов с использованием газопламенного нагрева от однопламенных универсальных ацетиленокислородных горелок, а также горелок других типов чаще всего используют посты газопламенного нагрева (рис. 8, а). При наличии на рабочей площадке разводок кислорода и горючего газа (природного газа, пропан-бутана) более ра-

циональным является проведение термообработки с подключением шлангов к этим разводкам. Для выполнения подогрева кромок труб обычно используют такие же посты. Регулирование состава пламени и процесса термообработки (скорости нагрева, равномерности нагрева по окружности сварного соединения) выполняет вручную рабочий, проводящий нагрев. Аналогичные посты применяют для газопламенного нагрева с использованием трубчатых (типа «пушка» с факельным нагревом) горелок.

Термообработку сварных соединений трубопроводов с газопламенным нагревом от кольцевых многопламенных горелок также выполняют посты газопламенного нагрева (рис. 8, б). В связи с большим расходом топлива несколько баллонов с горючим газом (чаще всего с пропан-бутаном) соединяют в группы у сборного коллектора. Потребление горючего газа регулируют вручную, при этом расход газа от каждого баллона должен быть примерно одинаков. Такой пост обслуживает одновременно две горелки и может быть быстро разобран и перенесен на новое место. Питание кольцевой многопламенной горелки от разводки нежелательно в связи с трудностью в обеспечении постоянства давления горючего газа в ней.

В полевых условиях для подогрева при сварке газопроводов больших диаметров (до 1420 мм) используют передвижные посты газопламенного нагрева аналогичной конструкции.

Разработаны также установки для объемной (полной) термообработки крупногабаритных сварных конструкций (шаровых резервуаров вместимостью 600 и 2000 м³ и др.) с использованием газопламенного нагрева изнутри. Перед термообработкой нагреваемую конструкцию покрывают теплоизоляцией из минераловатных матов, а для контроля температуры на различных участках ее поверхности устанавливают 20–40 термометров. Нагрев производят введением во внутреннюю полость термообрабатываемой конструкции факела мощной горелки или теплоносителя (продуктов сгорания природного газа в смеси с воздухом в теплогенераторе). В состав установки входят также пульт управления, мощный вентилятор для подачи воздуха, цистерна с пропан-бутаном или линия подачи природного газа, устройства, обеспечивающие регулирование теплового потока для равномерного нагрева термообрабатываемой конструкции. ■ #72

Повышение качества и механических свойств соединений алюминиевых сплавов при сварке плавящимся электродом

А. Я. Ищенко, чл.–корр. НАН Украины, И. В. Довбищенко, В. С. Машин, кандидаты техн. наук, ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины

В настоящее время наблюдается расширение объемов использования дуговой сварки плавящимся электродом для изготовления и ремонта конструкций из алюминиевых сплавов. В отличие от сварки неплавящимся электродом она обеспечивает более высокую скорость, а следовательно и производительность процесса, уменьшение уровня остаточных деформаций сварных изделий, особенно из тонколистового материала. Однако при сварке плавящимся электродом стационарной дугой в аргоне иногда образуется повышенная пористость швов и наблюдается сравнительно высокая их выпуклость. Применение импульсно–дуговой сварки (ИДСПЭ) позволяет снизить размеры и количество пор в швах, уменьшить испарения легкоплавких легирующих элементов, повысить стабильность процесса и улучшить формирование швов.

Радикально повысить качество сварных соединений можно, используя в качестве защитного газа гелий–аргоновые смеси вместо аргона. Как показал опыт, объем пустот в наплавленном металле уменьшается в 3–8 раз при отсутствии оксидных включений. Снижается также выпуклость швов, обеспечивается более плавный переход от шва к основному металлу. Это способствует повышению усталостной и статической прочности сварных соединений до уровня или выше значений, получаемых при сварке неплавящимся электродом. Уменьшаются и затраты на ремонт. Особенно эффективно применение гелий–аргоновых смесей для сварки алюминия высокой и технической чистоты, теплопроводность которого выше по сравнению с алюминиевыми сплавами, и для сварки сплавов с литием, у которых повышенная склонность к образованию пористости в швах вызвана большим содержанием газообразующих соединений в поверхностных слоях листов.

Опыт ИЭС им. Е. О. Патона позволяет рекомендовать технологии автоматической и

Таблица 1. Режимы однопроходной ИДСПЭ в гелий–аргоновых смесях стыковых соединений алюминиевых сплавов

Сплав	Толщина, мм	Марка проволки	Напряжение дуги, В	Сварочный ток, А	Частота импульсов тока, Гц	Скорость подачи проволоки, м/ч	Скорость сварки, м/ч		Расход защитных газов, л/мин	
							Аг	Не		
АД1	6	Св–А5	32–33	260–270	175–185	330–340	28–30	13	37	
АДЗЗТ1	6	Св–АК5	28–29	240–250	150–155	340–350	28–30	25	25	
АМг6	4	Св–АМг6	29–30	250–260	165–170	360–370	33–35	25	25	
1420Т1	4	Св–АМг6	25–26	165–175	105–110	280–290	38–40	20	20	
1201Т1	6	Св–АМг63								
1460Т1	6	Св–1201	27–28	220–230	155–160	350–360	33–35	25	25	

Примечание. Диаметр проволоки 1,6 мм, длина дуги 2–4 мм. Для металла толщиной 4 мм ток в импульсе 510–535 А, длительность импульса тока 2,8–3 мс, базовый ток 105–115 А; для металла толщиной 6 мм соответственно 475–505 А, 3–3,3 мс, 190–210 А.

Таблица 2. Механические свойства алюминиевых сплавов

Сплав	Толщина металла, мм	Временное сопротивление разрыву, МПа	Ударная вязкость КСV, Дж/см ²	Угол изгиба, град.
АД1	6	80–85	81–86	180
АДЗЗТ1	6	290–294	25–26	180
АМг6	4	333–338	22–23	119–132
1201Т1	6	421–428	17–19	65–75
1420Т1	4	465–477	7–8	38–41
1460Т1	6	509–514	2–3	6–8

Примечание. Образцы вырезали вдоль проката.

Таблица 3. Механические свойства соединений, полученных ИДСПЭ в гелий–аргоновых смесях

Сплав	Сварочная проволока (ГОСТ 7871–75)	Временное сопротивление разрыву, МПа		Ударная вязкость КСV, Дж/см ²	Угол изгиба, град.
		Образец с выпуклостью шва	Образец со снятой выпуклостью шва		
АД1	Св–А5	76–81		70–75	180
АДЗЗТ1	Св–АМг6	212–220		16,7–18,3	170–180
	Св–АК5			15,3–17,7	
АМг6	Св–АМг6	320–328	301–307	20–22	80–90
	Св–АМг63	325–333	304–311	19–21	76–88
1201Т1	Св–1201	278–294	270–278	17–19	60–74
1420Т1	Св–АМг6	329–343	312–321	10–11,5	50–55
	Св–АМг63	330–345	321–332	13–15	65–71
1460Т1	Св–1201	283–298	273–286	15–17,6	32–40

Примечание. Сварку листов производили вдоль проката.

механизированной ИДСПЭ в гелий-аргоновых смесях различных типов соединений алюминиевых сплавов. В табл. 1 приведены режимы сварки стыковых соединений ряда сплавов, а в табл. 2 и 3 их механические свойства. Размеры швов соответствуют ГОСТ 14806-80, а качество сварных соединений — требованиям для швов 1-й категории по ОСТ 92-1114-80.

Разрушение образцов сварных соединений сплавов АД0 и АД3ЗТ1 при статических испытаниях происходит по основному металлу на расстоянии 4-10 мм от зоны сплавления. Прочность таких образцов зави-

сит от степени разупрочнения основного металла. Соединения сплавов АМг6, 1201Т1, 1420Т1 и 1460Т1 с выпуклостью шва разрушаются по зоне сплавления, а со снятой выпуклостью — по шву (1420Т1, 1460Т1) или по зоне сплавления (АМг6, 1201Т1). Коэффициент прочности соединений составляет 0,9 для технического алюминия АД1 и сплава АМг6; 0,75 для сплавов АД3ЗТ1 и 1420Т1; до 0,7 для 1201Т1 и до 0,6 для 1460Т1.

Применение проволоки Св-АМг6З вместо Св-АМг6 повышает механические свойства соединений сплавов АМг6 и 1420Т1. Ударная вязкость металла шва при сварке сплава

АД3ЗТ1 с использованием проволоки Св-АМг6 выше, чем при сварке проволокой Св-АК5.

Дальнейшее повышение механических свойств сварных соединений на 10-15% можно достичь за счет использования специальных сварочных проволок со скандием, а также путем термообработки соединений.

Предлагаемые рекомендации распространяются на изготовление и ремонт котлов, железнодорожных цистерн, секций корпусов судов и их надстроек, лодок, аппаратов для химической и пищевой промышленности, контейнеров, баков, трубопроводов, шинопроводов и других конструкций. ■ #73

ЭНЕРГИЯ • ЗАПОРОЖЬЕ

СВАРОЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Производство. Поставка широкого ассортимента электро-газо сварочного оборудования с гарантией и сервисным сопровождением

Горелки к полуавтоматам, электрододержатели, плазмарезы, роботгорелки, комплектующие от AVICOR BINZEL (Германия, ISO9001-ГОСТ 5.917-81)

Ремонт, наладка сварочного оборудования. Гарантия. Специальные сварочные работы, сварочная проволока.



Оригинал-макет заказчика

(0612) 95-06-81

НТЦ «Авиасварка»

постоянно реализует со склада на ул. Фрунзе, 47

Материалы для сварки-пайки:

- 1. Алюминия и его сплавов:**
 - проволоки АК5, АМг, Амц и др.
 - флюс АФ-4А
- 2. Нержавеющей стали**
 - проволоки Св06Х19Н9Т, 12Х18Н10Т, ЭП, ЭИ и др.
 - припой ВПР
- 3. Чугуна**
 - проволоки НМЖМц (монель), ПАЧ-11
 - электроды МНЧ-2
- 4. Меди, латуни, бронзы**
 - проволоки МНЖКТ, ЛОК и др.
 - электроды АНЦ-3М
 - припой ПМФС

а также

- флюсы ПВ209, Ф100, ПВ200
- электроды БрХ, БрНТ для машин контактной точечной и шовной сварки.

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

Тарифы на размещение рекламы в журнале «Сварщик»

для организаций-резидентов Украины (в гривнях с учетом НДС и ННР) | 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	810	1080	1440	1620	2160
1/2 пол.	480	630	810	-	-
1/3 пол.	360	-	-	-	-
1/4 пол.	270	360	450	-	-
1/6 пол.	210	-	-	-	-
1/8 пол.	162	-	-	-	-

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

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

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, CorelDraw5.0-8.0 (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.

Плазменная резка с применением воды вместо защитного газа*

Производитель аппаратов для резки Terminal Dynamics разработал установки для плазменной резки, в которых можно взамен обычно применяемых азота и воздуха использовать водопроводную воду. Вода подается между режущим соплом для защитного газа и попадает в дугу в виде аэрозольного тумана (рисунок), а затем под действием электрического тока и высокой температуры разлагается на водород и кислород. Водород действует как восстанавливающий газ, что предотвращает окисление поверхности реза. Таким образом, получается чистая, не требующая дальнейшей подготовки поверхность кромок под сварку.

Другим преимуществом является то, что в окружающую среду попадает значительно меньше вредных веществ. Поэтому способ можно применять там, где трудно или вообще невозможно установить фильтрующие приспособления. Настройка такой установки также легче, так как скорость резки и расстояние от режущего сопла до изделия установить проще, чем у аппаратов для резки в защитном газе. Новый способ рекомендуют применять для резки высококачественной стали и алюминия толщиной от 3 до 30 мм, он более экономичен в сравнении с другими способами плазменной резки (таблица). ■ #74

Таблица. Мощность и затраты при плазменной резке в зависимости от защитной среды плазменной дуги

Защитная среда	Расход защитной среды, л/ч	Плазмобразующий газ	Расход плазмобразующего газа, л/ч	Толщина реза, мм	Ток, А	Скорость резки, м/мин	Затраты, ДМ/ч
Азот	4860	Ar+N	2160	12	150	1,02	29,00
Азот	6750	Ar+N	3510	19	300	1,02	43,34
Вода	30	N	1970	12	150	1,27	6,68
Вода	30	N	3510	19	300	1,27	11,76

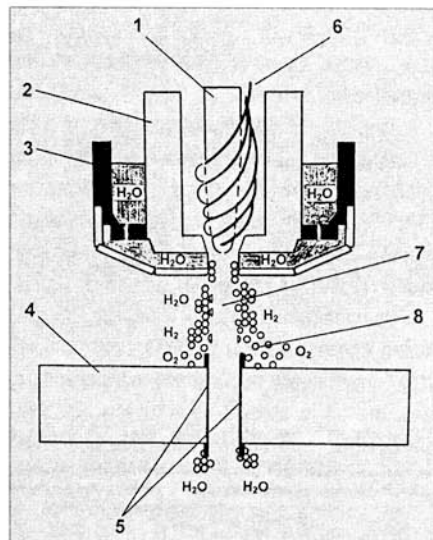


Рисунок. Плазменная резка с применением воды вместо защитного газа (схематично):

1 — плазменный электрод; 2 — режущее сопло; 3 — сопло защитного газа; 4 — деталь из высококачественной стали или алюминия; 5 — чистая свариваемая поверхность; 6 — плазмобразующий газ — азот; 7 — плазмобразующий газ плазмы; 8 — вода в качестве защитного газа

* Schweissen & Schneiden, № 51—1999, с. 622.

Дуговая сварка в углекислом газе на флюсовой подушке**

При механизированной сварке в углекислом газе стыковых соединений применяют способы, обеспечивающие гарантированный провар на полную толщину соединяемых элементов согласно ГОСТ 14771. Однако эти способы оказываются не всегда эффективными, а в ряде случаев их использование технически невозможно, в частности при изготовлении коробчатых конструкций относительно небольших размеров.

В ОАО «Онежский тракторный завод» при разработке технологического оборудования для производства колесных лесопромышленных тракторов ТЛК-4.01 применяют механизированную сварку коробчатых балок в углекислом газе на флюсовой подушке.

Коробчатые балки длиной 1900 мм изготавливают из двух гнутых швеллеров с высотой стенки 220 мм, шириной полки

120 мм, материал — листовая сталь толщиной 10 мм.

Стыкуемые кромки имеют односторонний скос под углом 20° с притуплением 3 мм, швеллеры собирают с предварительным зазором в стыке 3 мм на прихватках.

Флюсовая подушка представляет собой консольно закрепленный полками вверх швеллер № 12—14. Между полками засыпают флюс АН-348А до образования горки с углами естественного скоса. Подготовленную для сварки балку помещают на флюсовую подушку, поджиг флюса в стыке происходит за счет собственной массы изделия.

Сварку стыков выполняют полуавтоматом А547МУ в два слоя проволокой Св-08Г2С (ГОСТ 2246) диаметром 1,4 мм. Скорость подачи проволоки 320 м/ч, сварочный ток 280—300 А, напряжение дуги 30—32 В.

При испытании на растяжение образцов, вырезанных поперек шва, разрушение происходило по основному металлу при среднем значении предела прочности 530 МПа.

Испытания на ударный изгиб проводили при 20 °С на образцах Шарпи с надрезом со стороны подварочного шва, выполненного на флюсовой подушке. Во всех случаях КСУ=139 Дж/см². Оба вида испытаний проводили на трех образцах.

Применение механизированной сварки в углекислом газе на флюсовой подушке позволяет получать качественные стыковые соединения со сквозным проплавлением и формированием обратного валика. ■ #75

** Херец И. С., Панфилов В. А., Никитин А. В., Дуговая сварка в углекислом газе на флюсовой подушке. — Сварочное производство, № 3 — 2000.

Научно–технический семинар, посвященный 10–летию создания Ассоциации «Электрод»

З. А. Сидлин, д–р техн. наук, ООО «Ротекс–К» (Москва)

В Советском Союзе выпускалось наибольшее в мире количество электродов, и все же ощущался их хронический дефицит, а качество продукции оставляло желать лучшего. Это ясно осознавали и ведущие изготовители электродов, которые, не получая государственной поддержки, решили объединить свои усилия. Так, в марте 1990 г. на инициативном техническом совещании в Москве было принято решение о создании Ассоциации «Электрод», учредительное собрание которой состоялось в конце того же года.

Десятилетнему юбилею Ассоциации был посвящен научно–технический семинар, прошедший в пригороде С.–Петербурга (г. Пушкин) 23–25 мая 2000 г. Ассоциация «Электрод» — добровольное объединение организаций, занятых в сфере электродного производства, и ее членами являются 53 организации, в т. ч. 43 ведущих предприятия–изготовителя сварочных электродов. В работе юбилейного семинара участвовали ведущие специалисты организаций, связанных с электродным производством, Азербайджана, Беларуси, Латвии, России и Украины.

Всего на семинаре было заслушано около 60 докладов и сообщений, охвативших практически весь спектр вопросов электродного производства: сырьевая база, новые разработки электродов и оборудования, сварочно–технологические характеристики электродов, технология изготовления электродов и порошковой проволоки, стандартизация, сертификация и управление качеством в электродном производстве.

Бесменный исполнительный директор Ассоциации инж. *П. В. Игнатченко* сделал доклад «Десять лет Ассоциации «Электрод» и анализ состояния производства сварочных материалов в странах СНГ за эти годы». Приведенные докладчиком цифры свидетельствуют о том, что, несмотря на существенное снижение валовых показателей про-

изводства электродов (с 677 600 т в 1990 г. до 213657 т в 1999 г., в т. ч. в Украине с 152 700 до 34 758 т), имеются положительные тенденции, к которым в первую очередь относится давно прогнозируемое специалистами увеличение объемов выпуска электродов малых диаметров и снижение средне–взвешенного диаметра применяемых электродов. При этом вырос даже абсолютный выпуск электродов диаметром 3 мм: с 59 500 т в 1990 г. до 60 370 т в 1999 г. Выросла доля электродов диаметром 4 мм: с 53,4% в 1990 г. до 59,6% в 1999 г. Серьезный прогресс достигнут в создании и выпуске основного технологического оборудования для электродных цехов. Новое поколение такого оборудования позволяет оснащать электродные цехи и участки, причем оборудование фирм «Ротекс–К» (Москва) и «Вант» (Киев) поставляется за пределы СНГ.

Кроме обзорного, еще ряд докладов вызвали наибольший интерес участников семинара.

В. В. Сулима (ЗАО «Электродный завод», С.–Петербург) рассказал о много–летнем опыте завода по созданию и реальному внедрению системы качества по ГОСТ Р ИСО 9000–96, основным документом которой является Руководство по качеству. Эта система должна быть уточнена после ввода, предположительно в 2001 г., нового стандарта МС ИСО 9000:2000.

Пути эффективного развития малых предприятий осветил *В. И. Кочкин* (ООО «Ротекс–К», Москва). Успешная деятельность малых электродных производств базируется на их тесном взаимодействии с базовым предприятием, лучше всего, комплексно работающим в сфере электродного производства и обладающим необходимым научно–техническим потенциалом. Докладчик также поделился опытом взаимодействия малых предприятий в рамках созданной

под патронажем ООО «Ротекс–К» неформальной Ассоциации малых предприятий — производителей сварочных электродов.

Об использовании диаграмм фазовых равновесий неметаллических систем при разработке минеральных композиций электродных покрытий и в практике производства электродов рассказал *Ю. Д. Брусицын* (ЦНИИ КМ «Прометей», С.–Петербург). С помощью таких диаграмм легче осуществлять оперативные расчеты рецептур, прогнозировать сварочно–технологические свойства сварочных материалов, выбирать новые виды сырья и пр.

«Качество обмазочной массы как гарант качества сварочных электродов» — тема доклада *М. Ф. Гнатенко* (ООО «Велма ЛТД», Киев). Автор изложил подходы к регулированию и обеспечению пластичности обмазочной массы, оцениваемой предложенной диаграммой в системе координат «давление опрессовки — пластическая прочность» с учетом накладываемых ограничений.

Д–р техн. наук *А. И. Николаев* (ИХТ–РЭМС КНЦ РАН, Апатиты) привел данные исследований, проведенных совместно с ОАО «Апатит» и ЦНИИ КМ «Прометей», направленных на создание минерально–сырьевой базы Северо–Западного региона России.

По сделанным на семинаре докладам и сообщениям разгорелась достаточно оживленная дискуссия. Большинство заслушанных докладов опубликовано в сборнике материалов семинара. К семинару был приурочен выпуск второго издания справочника Ассоциации. Совет Ассоциации отметил почетными дипломами и грамотами наиболее активных специалистов и организации. Работа семинара подтвердила заинтересованность специалистов в сотрудничестве в рамках профессиональных объединений, в ряду которых в области сварки заметное место занимает Ассоциация «Электрод». ■ # 76