

СОДЕРЖАНИЕ**Новости техники и технологий..... 4****Технологии ремонтной сварки**

Техника механизированной дуговой сварки в защитных газах неповоротных стыковых соединений труб при реконструкции и ремонте магистральных газопроводов.

С.Ю. Максимов, А.А. Гаврилюк, В.И. Удод..... 6

Критерии допустимости дефектов трубопроводных систем

Обзор критериев допустимости поверхностных трещинообразных дефектов трубопроводных систем.

А.С. Миленин..... 10

Технологии термообработки электродов

Поточная термообработка наплавочных электродов Т-590 и Т-620.

Е.П. Шелепов..... 16

Оборудование для сварочного производства

Применение специализированной позиционирующей оснастки в сварочном производстве или «Lego» для сварщиков.

А.Г. Стешиц..... 19

Оборудование для производства

Ручные инжекторные газокислородные резаки.

В.М. Литвинов, Ю.Н. Лысенко, С.А. Чумак..... 26

Консультации из Белоруссии

Визуальный контроль сварных соединений. Подходы к разработке методики контроля. Наиболее частые практические ошибки.

В. Хатько..... 30

Наши консультации..... 37**Выставки**

Календарь выставок 2019 г.: Россия..... 39

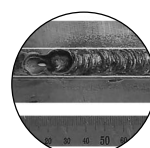
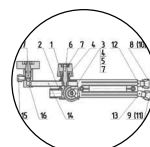
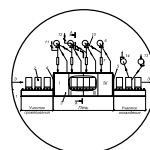
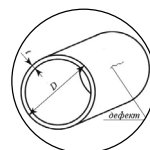
Страницы истории ИЭС им. Е.О. Патона.**К 85-летию ИЭС им. Е.О. Патона**

Перестройка ИЭС им. Е.О. Патона.

Сварка в ракетно-космической технике. Сварка живых тканей.

Справочно-информационная система ИЭС им. Е.О. Патона.

А.А. Мазур, Л.Б. Любовная, О.К. Маковецкая, В.И. Снежко..... 40



News of technique and technologies.....4

Technologies of repair welding

Technique of mechanized arc welding in protective gases of non-rotating butt joints of pipes during the reconstruction and repair of main line gas pipelines.

S.Yu. Maksimov, A.A. Gavriluk, V.I. Udod.....6

Criteria for the admissibility of defects

in pipeline systems

Review of the criteria for the admissibility of fractured defects in pipeline systems.

A.S. Milenin.....10

Technologies of heat treatment

of electrodes

In-line heat treatment of surfacing electrodes T-590 and T-620.

E.P. Shelepov.....16

Equipment for welding production

Application of the specialized positioning equipment in the welding industry or «Lego» for welders.

A.G. Steshits.....19

Equipment for the production

Manual injection gas-oxygen cutters.

V.M. Litvinov, Yu.N. Lysenko, S.A. Chumak.....26

Consultations from Belarus

Visual inspection of welded joints. Approaches to the development of methods of control. The most frequent practical errors.

V. Khatko.....30

Our consultations.....37

Exhibitions

Calendar of exhibitions 2019: Russia.....39

Pages history of the E.O. Paton EWI.

On the 85-th anniversary of E.O. Paton EWI

The restructuring of the E.O. Paton EWI. Welding in rocket and space technology. Welding of living tissue. Reference information system of the E.O. Paton EWI.

A.A. Mazur, L.B. Lyubovnaya, O.K. Makovetskaya, V.I. Snezhko.....40

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-24185 от 25.04.2006, выдано Федеральной службой по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия

Издатель ООО «Центр трансфера технологий Института электросварки им. Е. О. Патона»,
ООО «Специальные сварочные технологии»

Тел. моб. +7 903 795 18 49

E-mail ctt94@mail.ru

Главный редактор В. Д. Позняков

Зам. главного редактора В. Г. Абрамишвили

Редактор О. А. Трофимец

Верстка и дизайн А. В. Рябов

За достоверность информации и содержание рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели. Мнение авторов статей не всегда совпадает с позицией редакции.

Рукописи не рецензируются и не возвращаются. Редакция оставляет за собой право редактировать и сокращать статьи. Переписка с читателями — только на страницах журнала.

При использовании материалов в любой форме ссылка на «Сварщик в России» обязательна.

Подписано в печать ???.2019. Формат 60×84 1/8.

Печать офсетная. Бумага офсетная. Гарнитура PetersburgC.

Отпечатано в ЗАО «ТДДС-Столица-8».

Заказ № P0000???? от ???.2019. Тираж 1000 экз.

Издание выходит при содействии производственно-технического журнала «Сварщик»

Учредители Институт электросварки им. Е.О. Патона НАНУ,
ООО «Технопарк ИЭС им. Е.О. Патона»

Издатель НТК «ИЭС им. Е.О. Патона» НАНУ

Главный редактор В. Д. Позняков

Зам. главного редактора В. Г. Абрамишвили

Редакционная коллегия В. А. Белинский, Ю. К. Бондаренко, А. В. Вавилов, Ю. В. Демченко, В. М. Илюшенко, Г. И. Лашенко, О. Г. Левченко, В. М. Литвинов, Л. М. Лобанов, А. А. Мазур, В. И. Панов, П. П. Проценко, С. В. Пустовойт, И. А. Рябцев, А. А. Сливинский

Адрес редакции 03150, Киев, а/я 337

Телефон +380 44 200 53 61, 200 80 18

Тел./факс +380 44 200 80 14

E-mail welder.kiev@gmail.com
trofimets.welder@gmail.com

URL <http://www.welder.stc-paton.com>

Подписка-2019

Подписной индекс **20994**
в каталоге «Пресса России»

Подписной индекс **E20994**
в каталоге Агентства «Книга-Сервис»

Подписной индекс **K0103**
в каталоге российской прессы
«Почта России» — персональная подписка

Техника механизированной дуговой сварки в защитных газах неповоротных стыковых соединений труб при реконструкции и ремонте магистральных газопроводов.

С.Ю. Максимов, А.А. Гаврилюк, В.И. Удод

Отечественный опыт ремонтных работ на магистральных трубопроводах свидетельствует, что основным способом выполнения сварки является ручная дуговая сварка. Для сокращения продолжительности сварочных работ с одновременным повышением их качества предлагается использовать механизированную дуговую сварку, как достаточно простой и прогрессивный способ с одной стороны, и сравнительно недорогой с другой. С этой целью в ИЭС им. Е.О. Патона были отработаны основные приёмы механизированной сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения неповоротных кольцевых стыковых сварных соединений труб $\varnothing$ до 1420 мм. Разработаны рекомендации по выполнению корневого, заполняющих и облицовочного проходов с учётом пространственного положения.

Обзор критериев допустимости поверхностных трещинообразных дефектов трубопроводных систем.

А.С. Миленин

Рассмотрены различные методы аналитической оценки допустимости поверхностных трещинообразных дефектов трубопроводов и сосудов давления, позволяющие с определённой степенью консервативности прогнозировать разрушение дефектной конструкции вследствие спонтанного распространения трещин. Приведены как классические теории механики разрушения хрупких материалов, так и современные подходы хрупко-вязкого механизма развития дефектности конструкционных материалов под действием внешнего силового нагружения. Проведено сравнение консервативности наиболее применяемых на практике подходов, нашедших отражение в актуальных нормативных документах.

Поточная термообработка наплавочных электродов Т-590 и Т-620.

Е.П. Шелепов

Рассмотрена поточная линия для термообработки наплавочных электродов с особо толстым покрытием. Линия содержит участок провяливания, туннельную сушильно-прокалочную печь и участок охлаждения. Для наиболее важного элемента линии – туннельной печи, приведены описание тепловой схемы, техническая характеристика и результаты промышленных испытаний. Отмечена возможность использования линии как для наплавочных, так и для сварочных электродов.

Ручные инжекторные газокислородные резаки

В.М. Литвинов, Ю.Н. Лысенко, С.А. Чумак

Представлены серийные газокислородные резаки Р1 (разрезаемая толщина до 100 мм, горючий газ ацетилен – резак Р1А, пропан – резак Р1П, метан – резак Р1М), резак Р2А (разрезаемая толщина до 200 мм, горючий газ – ацетилен) и резаки Р3 (разрезаемая толщина до 300 мм), работающие на пропане (РЗП) и метане (РЗМ), пользующиеся повышенным спросом. Приведены их классификация, комплектность, технические характеристики и устройство. Рассмотрен принцип действия аппаратуры.



НИЦ «Курчатовский институт» – ЦНИИ КМ «Прометей» – исполнилось 80 лет

2019 г. для Института особенный. НИЦ «Курчатовский институт» – ЦНИИ КМ «Прометей» исполняется 80 лет. Официальной датой основания Института считается 27 января.

За восемь десятилетий «Прометей» внес значительный вклад в отечественную науку, промышленность, обороноспособность государства.

История «Прометея» неразрывно связана с историей страны. «Прометей» начал свою деятельность в 1939 г. с создания и освоения производства танковой брони, в первую очередь, для легендарного танка Т-34, ставшего лучшим танком ВОВ.

Сегодня «Прометей» является крупнейшим материаловедческим центром России, уникальным по своим научно-техническим разработкам и научному потенциалу. Материалы и технологии Института с успехом применяются во многих областях: в судостроении, энергетике, нефтегазодобывающей и перерабатывающей промышленности, медицине, сельском хозяйстве.

Крупные заводы России производят высококачественную, конкурентоспособную продукцию благодаря разработанным в «Прометее» материалам и технологиям.

Основополагающим принципом работы «Прометея» является комплексный подход, гармонично сочетающий научные разработки, лабораторные эксперименты, экспериментальные работы на опытном производстве, внедрение полученных результатов в промышленное производство, авторский надзор и техническое сопровождение изготовления изделий и кон-

струкций, включая процесс эксплуатации.

Институт создает стали различного назначения, титановые и алюминиевые сплавы, неметаллические и композиционные материалы, которые разрабатываются одновременно с созданием сварочных материалов и технологий сварки.

В истории «Прометея» есть опыт создания прорывного научного направления в области разработки морских титановых сплавов. Реализация «Прометеем» всех «задумок», начинаний, разработок стала возможной благодаря созданным в Институте уникальным научным школам, наличию высококвалифицированных специалистов и ответственному отношению каждого сотрудника к своей работе. Многие ученые и специалисты «Прометея» удостоены различных государственных наград и премий.

Институт оснащен первоклассным исследовательским оборудованием, имеет в своем составе малотоннажные производства наукоемкой продукции и располагает неограниченными возможностями для продолжения исследований и развития на благо России.

Поздравляем коллектив НИЦ «Курчатовский институт» – ЦНИИ КМ «Прометей» с Юбилеем!

Желаем творческих успехов, новых достижений, благополучия и всего самого хорошего!

*Редакция журналов
«Сварщик в России», «Сварщик»*

●#1135

В России стартовали продажи щитков 3M

По заявлению 3M, новые сварочные щитки 3M Speedglas 9100XX и 3M Speedglas 9002NC с автозатемняемым светофильтром, позволяют на 20 % повысить производительность сварки.

В щитках использована новая технология распознавания цвета Natural Color («естественные цвета»). Благодаря качественному обзору и цветопередаче у сварщика меньше причин постоянно поднимать щиток, что сказывается на скорости сварки, отмечает производитель. По данным 3M, тот факт, что рабочему не нужно поднимать и опускать щиток на разных этапах работы, а также автоматическое включение и внешняя кнопка переключения в режим шлифовки позволяют повысить производительность на 20 %.

«Конструкция моделей и светофильтр с автоматическим затемнением позволяет защитить лицо и глаза от теплового, УФ/ИК излучения, искр и брызг металла», – отмечается в описании новинок.

Светофильтры производятся в Швеции. Локализация производства в России в планы компании пока не входит.

3M – производственная корпорация со штаб-квартирой в Сент-Поле, штат Миннесота (США), предлагающая решения в области электроники, энергетики, здравоохранения, безопасности, промышленности и товаров для дома. Объем продаж компании в 2018 г. составил \$ 32,8 млрд (в 2017 г.



– \$ 32 млрд). В России 3M располагает двумя производственными площадками: в Волоколамске (Московская обл.) и Алабуге (Татарстан). Завод в Волоколамске, открывшийся в 2008 г., выпускает средства индивидуальной защиты, продукцию для автопрома, антикоррозионные покрытия и канцелярские товары. В 2019 г. 3M инвестирует в российский заводы \$ 6,5 млн, \$ 5,6 млн из которых – в подмосковный.

www.getsiz.ru

●#1136

Гудвилл™ Pulse MIG-500M

Это профессиональная современная сварочная система, обеспечивающая стандартную импульсную сварку MIG/MAG идеального промышленного качества и сварку в режиме двойного импульса для видовых швов с равномерной чешуйчатой поверхностью. Источник предназначен также для ручной дуговой сварки плавящимся электродом MMA, аргонодуговой сварки TIG DC на постоянном токе и электродуговой строжки. Наличие импульсного режима обеспечивает оптимальный контроль сварочной ванны, контролируемый перенос капель металла, хорошее перекрытие зазоров, сварку без брызг и превосходный внешний вид шва. Пульсирующая дуга остается стабильной всегда, независимо от изменяющихся внешних условий, и обеспечивает минимальное тепловложение в основной металл, который вследствие более низкой температуры не претерпевает структурных изменений.



Наиболее заметно его преимущества процесса проявляются при сварке алюминия и тонких металлов, а также при сварке любых металлов в вертикальном и потолочном пространственном положении, сварке в труднодоступных местах, что трудно сделать при помощи традиционных сварочных полуавтоматов. Данная модель

предназначена для использования на судостроительных предприятиях, в автомобильной и химической промышленности, а также во многих др. отраслях, осуществляющих промышленную сварку высокого качества.

Преимущества: сварка MIG/MAG в режиме импульса или в режиме двойного импульса высочайшего качества; хорошо управляемая импульсная дуга; силовое управление облегчает настройку и работу сварочного полуавтомата; сварка всех видов алюминиевых сплавов и сталей; обеспечение равномерной чешуйчатости сварных швов; наличие системы самодиагностики; технология компенсации падения напряжения и защита от перенапряжения, короткого замыкания и перегрева; стабилизация электрической сети сохраняет сварочные параметры постоянными, что устраняет необходимость изменения параметров сварки в течение дня; прочная конструкция металлического корпуса источника обеспечивает защиту от внешнего воздействия при эксплуатации; платы управления имеют специальную защиту элементов от влаги и пыли, расположены в изолированном от силовых элементов отсеке; все теплонагруженные элементы подвержены принудительному воздушному охлаждению потоком воздуха от мощного вентилятора; силовые элементы надежно защищены от попадания грязи и влаги; низкое энергопотребление, высокая производительность и повышенный ресурс источника позволяют эффективно использовать оборудование в условиях современного производства.

www.goodwill-ru.com

●#1137

Швейцарская система AMS200 для «последней сварки» с уравниванием напряжений

Эта система предназначена для сварки рельсовых плетей при восстановлении лопнувших, дефектных и замене изношенных рельсовых плетей бесстыкового пути, при ликвидации уравнительных пролетов бесстыкового пути. Процесс проходит когда плети закреплены в оптимальном температурном интервале. При температуре рельсов ниже температуры закрепления рельса более чем на $\pm 5^\circ\text{C}$ работы по сварке плетей запрещены без предварительного удлинения конца плети в зоне сварки. При этом сварка проводится по методам натяжения плети или подтягивания плети.

Система AMS200 является новейшей разработкой фирмы Schlatter по созданию мобильной установки для стыковой сварки рельсов, которая может выполнять за одну операцию уравнивание напряжений и стыковую сварку оплавлением без использования дополнительного подтягивающего агрегата.

Сварочная машина обладает необходимым усилием, чтобы подтягивать рельсы на необходимую расчетную длину. При этом учитываются потери материала при процессе сварки. Машина предлагает достаточно возможностей, чтобы даже при низких температурах обеспечить надежное уравнивание напряжений.

Система AMS200 имеет независимый агрегат для удаления грата, который непосредственно



после сварки счищает грат с зажатых концов рельса. Усилие прикладывается в нейтральной области рельса, что повышает качество

сварки и падает машину. Машина в области подшвы рельса открыта, чтобы избежать столкновений со шпалами, креплением рельсов, и чтобы избежать подъема рельсов.

Характеристики системы: точное боковое выравнивание концов рельсов с помощью измерительной системы с возможностью проверки и корректировки; гидравлическое устройство прижимает оба конца рельсов по вертикали к упорам для идеального выравнивания поверхности катания; эксцентриковая система зажима шеек является самозамыкающейся и увеличивает зажимное усилие при сварке; электроды к шейке подаются при помощи отдельных гидравлических цилиндров; подтягивающее усилие – 1400 кН; общее расстояние для уравнивания напряжений – 300 мм.

www.schlattergroup.com

●#1138

Техника механизированной дуговой сварки в защитных газах неповоротных стыковых соединений труб при реконструкции и ремонте магистральных газопроводов

Максимов С.Ю., д.т.н., Гаврилюк А.А., Удод В.И., ИЭС им. Е.О. Патона НАНУ (Киев)

Отечественный опыт ремонтных работ на магистральных трубопроводах свидетельствует, что основным способом выполнения сварки является ручная дуговая сварка. Для сокращения продолжительности сварочных работ с одновременным повышением их качества предлагается использовать механизированную дуговую сварку, как достаточно простой и прогрессивный способ с одной стороны, и сравнительно недорогой с другой. С этой целью в ИЭС им. Е.О. Патона были отработаны основные приемы механизированной сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения неповоротных кольцевых стыковых сварных соединений труб Ø до 1420 мм. Разработаны рекомендации по выполнению корневого, заполняющих и облицовочного проходов с учетом пространственного положения.

Основным способом сварки при выполнении ремонтных работ на магистральных трубопроводах является ручная дуговая сварка. Отечественный опыт показывает, что для сварки только одного неповоротного кольцевого стыка на трубопроводе диаметром 1420 мм при толщине стенки 16 мм бригада сварщиков из двух человек тратит не менее 5 ч. Поэтому существует необходимость в сокращении продолжительности сварочных работ с одновременным повышением их качества.

Для экономических условий Украины решение указанной задачи видится в применении механизированной дуговой сварки, как достаточно простого и прогрессивного способа с одной стороны, и сравнительно недорогого с другой. Наличие широкого спектра современного сварочного оборудования и сварочных материалов позволяет при надлежащей подготовке решить проблему качества сварных швов с одновременным ускорением их выполнения.

Целью проведенных в ИЭС работ была отработка техники сварки неповоротных кольцевых стыковых сварных соединений труб Ø до 1420 мм включительно с применением проволоки сплошного сечения.

Технологией механизированной дуговой сварки в защитных газах регламентировано приме-

ние проволок сплошного сечения Ø 1,2 мм. Сварочные материалы должны обеспечивать механические свойства сварных соединений в соответствии со следующими требованиями:

- временное сопротивление на разрыв при испытаниях на статическое растяжение должно быть не меньше временного сопротивления основного металла трубы, которое определяется техническими условиями или сертификатами производителя труб;
- ударная вязкость металла шва при испытаниях на ударный изгиб по Шарпи при температуре -20°C определяется как среднее арифметическое по результатам испытаний не менее трех образцов, и должна быть не менее 34 Дж/см². При этом минимальное значение ударной вязкости каждого образца должно быть не менее 34 Дж/см²;
- угол загиба при испытаниях на статический изгиб определяется как среднее арифметическое по результатам испытаний не менее трех образцов и должен быть не менее 120° . Минимальное значение угла загиба каждого образца должно быть не менее 120° ;
- твердость металла шва и зоны термического влияния должна быть не более 300 HV10 для труб с классом прочности до K55 включительно и не более 325 HV10 для труб с классом прочности более K55 до K60 включительно.

С целью минимизации содержания диффузионного водорода в наплавленном металле все сварочные проволоки должны быть использованы в течение 24 ч. А в случае хранения сварочных материалов в открытой упаковке более 24 ч перед использованием проволоки сплошного сечения необходимо просушить при температуре $+(50\pm 30)^{\circ}\text{C}$ в течение 20 минут.

Классификация и назначение проволок сплошного сечения приведены в табл. 1.

В качестве защитного газа может использоваться углекислый газ (100 %) или смесь углекислого газа (18–20 %) с аргоном (80–82 %). При использовании углекислого газа в качестве защиты зоны сварки обязательным является применение элект-

Таблица 1. Классификационные требования к проволокам сплошного сечения для механизированной дуговой сварки в защитных газах

Назначение	Класс прочности металла трубы	Классификация		
		ГОСТ 2246 [1]	AWS A5.18 [2] AWS A5.28 [3]	EN 440 [4]
Сварка корневых, заполняющих, облицовочных проходов стыковых соединений	до К54 включительно	легированная	ER70S-6 ER70S-G	G 42 2 M(C) G 46 2 M(C)
	свыше К54 до К60 включительно	легированная	ER70S-6 ER70S-G ER80S-G	G 46 2 M(C) G 50 2 M(C)

трических подогревателей газа.

В процессе отработки техники механизированной дуговой сварки в защитных газах неповоротных кольцевых соединений труб основное внимание было уделено выполнению заполняющих и облицовочных слоев шва. При этом определялись такие режимы сварки, которые с одной стороны обеспечивали бы качественное формирование многослойных сварных швов, а с другой – не нуждались в существенной корректировке при изменении пространственного положения.

Кромки труб, которые соединяются между собой кольцевыми стыковыми швами, должны иметь разделку в соответствии с рис. 1.

Порядок заполнения отдельными проходами многослойного соединения с применением проволоки сплошного сечения показан на рис. 2.

При выполнении корня шва сварка выполняется в направлении сверху вниз. Заполняющие и облицовочные слои накладывают в обратном направлении – снизу вверх (рис. 3).

Известно, что выполнение механизированной дуговой сварки кольцевых стыковых соединений связано со сложностями, вызванными стеканием жидкого металла с наклонных поверхностей. Следствием этого становится возникновение дефектов несплавления в шве, а также нестабильное форми-

рование наплавленного металла в корневом проходе и при заполнении разделок кромок. Поэтому для уменьшения стекания металла и стабилизации размеров слоев в различных пространственных положениях применяется известный технологический прием, который заключается в использовании поперечных колебаний электрода (рис. 4).

Относительно корневого шва поперечные колебания электрода применяют в положении 0° – 1° ч. В положении 1° – 6° ч сварку ведут без колебаний ниточным швом. В процессе выполнения сварки угол наклона горелки меняется, рис. 5:

- в положении 0° – 1° ч угол наклона постепенно увеличивается до 20 – 45° (сварка по схеме «углом назад»);
- в положении 1° – 4° ч угол наклона постепенно увеличивается до 15 – 45° (сварка по схеме «углом назад»);
- в положении 4° – 5° ч угол наклона постепенно изменяется от 10 – 15° (сварка по схеме «углом назад») до 0° (перпендикулярно к поверхности трубы);

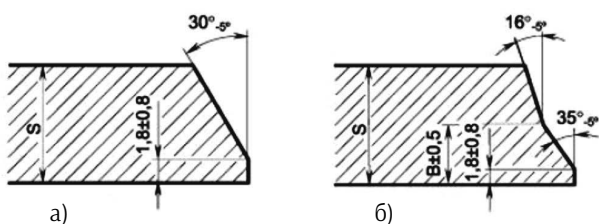


Рис. 1. Формы разделки кромок: а) при толщине стенки трубы $s \leq 15,0$ мм; б) при толщине стенки трубы $s > 15,0$ мм

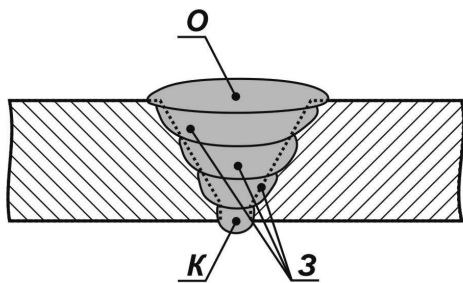


Рис. 2. Схема заполнения разделки в многослойном кольцевом стыковом шве: К – корневой; З – заполняющий; О – облицовочный проходы

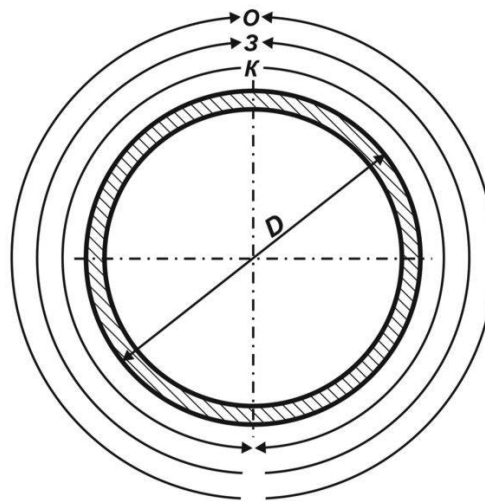


Рис. 3. Направление сварки кольцевого стыкового соединения: К – корневой; З – заполняющий; О – облицовочный проходы

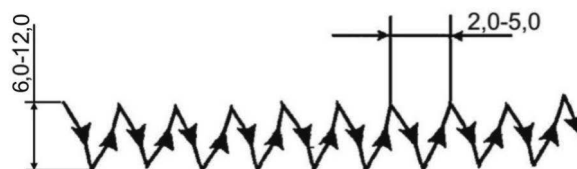


Рис. 4. Схема перемещения электрода с поперечными колебаниями при сварке в защитных газах

- в положении 5^{00} – 6^{00} ч угол наклона варьируется от 0° (перпендикулярно к поверхности трубы) до 10 – 15° (сварка по схеме «углом назад»).

Для качественного выполнения заполняющих и облицовочных проходов в направлении «на подъем» и удержания жидкого металла в различных пространственных положениях необходимо уменьшение длины ванны. Это достигается путем регулирования амплитуды поперечных колебаний электрода. Увеличение амплитуды позволяет получить жидкую ванну, ширина которой больше длины. При этом шов формируется как бы из отдельных поперечных валиков, которые и препятствуют стеканию ванны.

Для гарантированного сплавления кромок сварку в потолочном положении кольцевых стыковых соединений следует выполнять с наклоном горелки по схеме «углом назад». Сварку в вертикальном положении следует выполнять с наклоном горелки по схеме «углом вперед». Угол наклона рекомендуется выдерживать в диапазоне 10 – 15° . Облицовочный слой нахлесточно-стыкового соединения также следует выполнять с поперечными колебаниями электрода методом «один слой за один проход» или «один слой за два прохода».

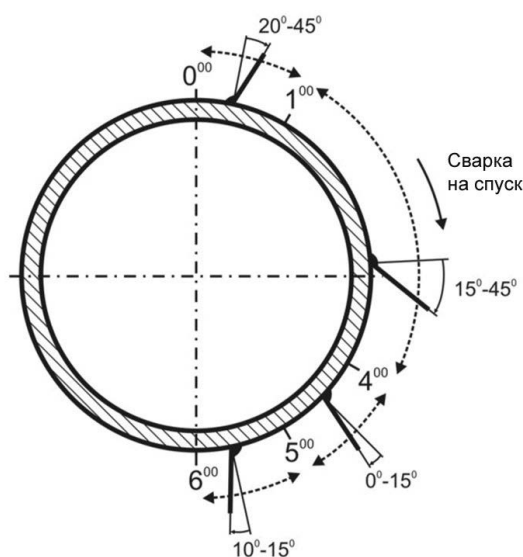


Рис. 5. Схема расположения сварочной горелки при механизированной дуговой сварке в различных пространственных положениях корневого прохода

При выполнении сварки заполняющих и облицовочных проходов в различных пространственных положениях угол наклона горелки изменяется (рис. 6):

- в положении 6^{00} – 5^{00} ч угол наклона изменяется от 0° (перпендикулярно к поверхности трубы) до 10 – 15° (сварка по схеме «углом назад»);
- в положении 5^{00} – 4^{00} ч угол наклона постепенно изменяется от 10 – 15° (сварка по схеме «углом назад») до 0° (перпендикулярно к поверхности трубы) с дальнейшим переходом наклона до 15° (сварка по схеме «углом вперед»);
- в положении 4^{00} – 1^{00} ч угол наклона постепенно увеличивается до 30 – 45° (сварка по схеме «углом вперед»);
- в положении 0^{00} – 1^{00} ч угол наклона постепенно уменьшается до 20 – 30° (сварка по схеме «углом вперед»).

Ориентировочные режимы сварки многослойного стыкового шва с использованием проволок сплошного сечения приведены в табл. 2.

Примеры стыковых соединений при отработке техники сварки в различных пространственных положениях на имитационных образцах размером

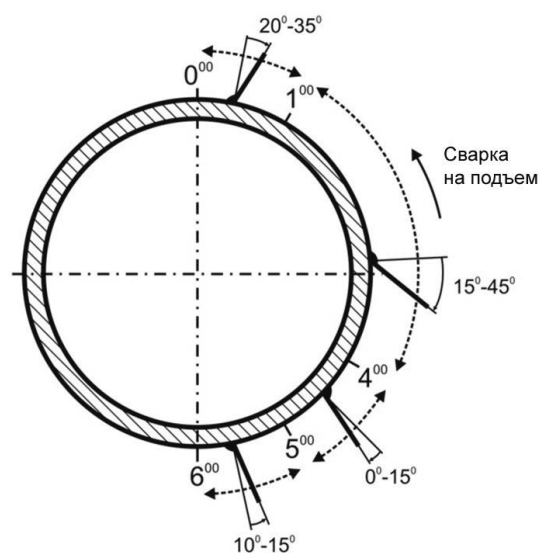


Рис. 6. Схема расположения сварочной горелки при механизированной дуговой сварке в различных пространственных положениях заполняющих и облицовочных слоев

Таблица 2. Ориентировочные режимы сварки проволокой сплошного сечения

Параметр	Проход при заполнении разделки		
	Корневой	Заполняющий	Облицовочный
Скорость подачи проволоки, м/мин	3,6-3,8	4,0-4,1	3,6-3,8
Ток сварки, А	125-135	145-155	125-135
Напряжение дуги*, В	18,0-18,5	19,0-20,0	18,0-18,5
Вылет электрода, мм	18-23	16-20	14-16
Защитный газ	Ar (82 %) + CO ₂ (18 %), CO ₂		
Расход газа, л/мин.	20-30		
* для углекислого газа CO ₂ напряжение на дуге необходимо повышать на 1,5–2,0 В			

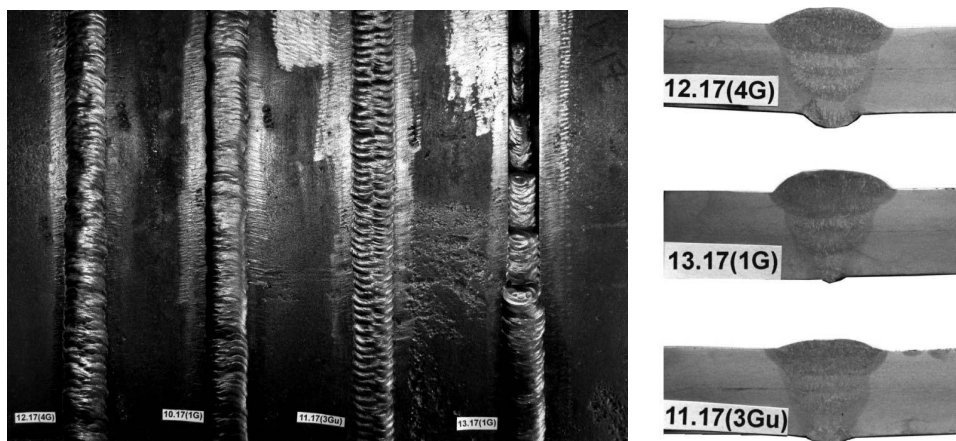


Рис. 7. Образцы стыковых соединений, сваренные в потолочном (4G), нижнем (1G), вертикальном (3Gu) пространственных положениях с использованием проволоки сплошного сечения

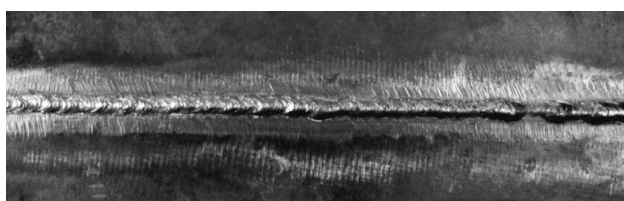


Рис. 8. Корневой шов с обратной стороны сварного стыкового соединения, выполненного на вертикальной плоскости

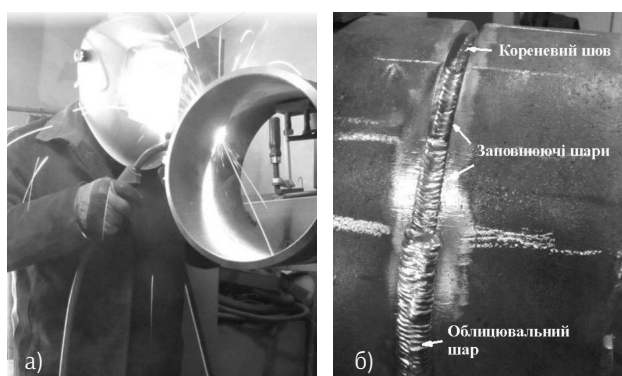


Рис. 9. Механизированная сварка неповоротного кольцевого стыкового соединения: а) процесс сварки корневого шва; б) общий вид кольцевого шва с раскладкой по отдельным слоям

350×100×16 мм и 250×15×12 мм приведены на рис. 7-9.

Сварку кольцевого стыкового соединения можно реализовывать по комбинированной технологии, в которой корневой слой выполняется штучным электродом, а заполняющие и облицовочные слои шва – проволокой сплошного сечения. В таком случае направление сварки при выполнении корневого слоя меняется на обратную, то есть снизу-вверх. Следует отметить, что общее количество слоев в стыковых сварных соединениях будет определяться толщиной стенки усиливающих конструктивных элементов, режимом сварки, выбранным сварочным материалом.

Сварка кольцевого соединения выполняется двумя сварщиками по секторам.

Экспериментальными исследованиями установлено, что оптимальная величина вылета элект-

рода при механизированной сварке в защитных газах проволокой сплошного сечения составляет 15–20 мм [5, 6]. Удаление зоны сварки от сопла приводит к нарушению газовой защиты и возникновению пор. В связи с этим, для полевых условий ведения сварочных работ, следует соблюдать вылет сварочной проволоки на уровне 12–16 мм. При сварке корневого слоя и первого заполняющего можно увеличить вылет до 20–23 мм при одновременном увеличении расхода защитного газа на 15–25 %. Также для улучшения видимости в зоне горения дуги разрешается выдвигать наконечник горелки из сопла на 5–6 мм. Аналогично при сварке в вертикальном и потолочном положениях кольцевых стыков расход защитного газа рекомендуется увеличить на 15–25 %.

Литература

1. Проволока стальная сварочная. Технические условия: ГОСТ 2246-70 – [Введен в действие 1973-01-01] – 1970. – 20 с. – (Межгосударственный стандарт).
2. AWS A5.18 Specification for Carbon Steel Electrodes and Rods for Gas Shield Arc Welding.
3. AWS A5.28 Specification for Low-Alloy Steel Electrodes and Rods for Gas Shielded Arc Welding.
4. EN440:1995 Welding consumables. Wire electrodes and deposits for gas shielded metal arc welding of non alloy and fine grain steels – Classification.
5. Потапьевский А.Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом. Часть 1. Сварка в активных газах / А.Г. Потапьевский – К.: Экотехнология, 2007. – 192 с.
6. Суптель А.М. Механизированная сварка порошковой проволокой / А.М. Суптель – К.: Наукова думка, 1976. – 40 с.

●# 1139

Обзор критериев допустимости поверхностных трещинообразных дефектов трубопроводных систем

А.С. Миленин, к.т.н., ИЭС им. Е.О. Патона НАНУ (Киев)

На основе обзора основных нормативных документов проведен критический анализ существующих критериев предельного состояния трещинообразных дефектов трубопроводных систем и сосудов давления. Рассмотренные критерии оценены с точки зрения их консервативности. Обозначены основные пути дальнейшего развития методологий исследования состояния трубопроводных систем с обнаруженными дефектами.

Трещинообразные дефекты трубопроводных систем и сосудов давления являются характерными и наиболее опасными видами геометрических аномалий. В частности, в случае постоянного контакта внутренней или внешней поверхности металла с агрессивной средой возможно формирование групп стресс-коррозионных поверхностных трещин [1, 2]. Кроме того, трещинообразные дефекты могут появляться в области сварных швов в результате термдеформационных процессов при локальном сварочном нагреве [3]. При обнаружении таких дефектов эксплуатирующихся конструкций методами неразрушающего контроля необходим анализ их допустимости с позиций известных условий и параметров эксплуатации для принятия решения о ремонте конструкции.

Основная сложность в описании состояния конструкции с трещиной является локальность процессов, определяющих развитие дефекта: линейный размер области напряженно-деформированного состояния у вершины трещины, определяющей ее поведение во времени, не превышает нескольких мм (размер области Ирвина), тогда как характерный размер конкретной конструкции может исчисляться десятками м [4]. По мере совершенствования диагностического оборудования и развития теоретических основ механики разрушения менялись и критерии допустимости трещинообразных дефектов применительно к конструкциям различного назначения. Данная работа посвящена обзору и критическому анализу актуальных стандартизированных методологических подходов по оценке предельного состояния трубопроводных систем с обнаруженными дефектами типа поверхностных трещин.

В зависимости от характера напряженно-деформированного состояния металла в области трещи-

нообразного дефекта, а также способа приложения внешней нагрузки можно выделить несколько механизмов разрушения: хрупкий, в случае линейных упругих деформаций; упруго-пластический, при выраженном пластическом течении металла в области концентратора; усталостный, имеющий место при циклических силовых нагрузках; разрушение при ползучести. В данной статье рассмотрены в основном критерии хрупко-вязкого разрушения, наиболее соответствующие условиям эксплуатации промышленных трубопроводных систем [5, 6].

В основе большинства подходов по оценке предельного состояния трещины в конструкции, находящейся в условиях сложного нагружения, зачастую положены основные приближения линейной упругой механики разрушения. И несмотря на то, что непосредственно подобная методология может быть применима только в очень ограниченном числе случаев, она остаётся актуальной. В частности, в работах Инглиса и Гриффитса был предложен энергетический подход оценки необходимых условий роста (зарождения) трещины с точки зрения баланса упругой энергии в материале, обусловленной внешним силовым воздействием, и энергией, необходимой для появления свободной поверхности используемого конструкционного материала [7, 8]. Так, в частности, на основе приближенной оценки величины растягивающих напряжений в области геометрического концентратора (вершины трещины) при условии упругого характера деформирования материала трещина нормального отрыва находится в равновесном состоянии, если прикладываемое одноосное напряжение σ_f удовлетворяет соотношению:

$$\sigma_f = \sqrt{\frac{E \cdot \gamma}{\pi \cdot c}}, \quad (1)$$

где E – модуль Юнга; γ – поверхностная энергия конструкционного материала; c – полудлина трещины в приближении полуэллиптической формы (рис. 1).

В дальнейшем предлагались различные поправки в уравнении Гриффитса (1), которые давали возможность учёта пластической составляющей деформаций в области вершины трещины. В частности, заслуживает внимания соотношение, предложенное Ирвином и Ороном [9]:

$$\sigma_f = \sqrt{\frac{E \cdot (\gamma + \gamma_p)}{\pi \cdot c}}, \quad (2)$$

где γ_p – работа пластического деформирования на единице образующей поверхности трещины (зачастую $\gamma_p \gg \gamma$).

Позднее Ирвин предложил энергетический подход к оценке возможности подрастания трещины, суть которого сходна с подходом Гриффитса, но форма является в ряде случаев более удобной для инженерного анализа. Так, определено понятие скорости высвобождения энергии G , которая является мерой удельной энергии, необходимой для роста дефекта. Здесь под скоростью необходимо понимать производную не по времени, а по длине трещины, т.е. $G = -\partial\Pi/\partial c$, где Π – потенциальная энергия конструкционного элемента, обусловленная действием деформирующих сил [10]. При этом критерием роста трещины является превышение значением G некоторой критической величины, определяемой вязкостью разрушения материала.

Важным этапом в развитии анализа допустимости является серия так называемых двухпараметрических методов LnSecant, которые в тех или иных модификациях появляются в более поздних стандартах и рекомендациях. К ним относятся, в частности, соотношения NG-18, предложенные Ханом, Макси и Кифнером [11]:

$$\frac{12 \cdot \left(\frac{C_v}{A_c}\right) \cdot E \cdot \pi}{4 \cdot (2 \cdot c) \cdot \sigma_{flow}^2} = \ln \left[\sec \left(\frac{\pi}{2} \cdot \frac{M_p \cdot \sigma_B}{\sigma_{flow}} \right) \right], \quad (3)$$

где

$$M_p = \begin{cases} \sqrt{1 + \frac{2,5 \cdot (2 \cdot c)^2}{D \cdot t} - \frac{0,54 \cdot (2 \cdot c)^4}{(D \cdot t)^2}}, & \text{при } \frac{(c)^2}{D \cdot t} \leq 50; \\ 0,32 \cdot \frac{(2 \cdot c)^2}{D \cdot t} + 3,3, & \text{при } \frac{(2 \cdot c)^2}{D \cdot t} > 50, \end{cases} \quad (4)$$

σ_{flow} – напряжение пластического течения; σ_B – предел прочности; D – диаметр трубопровода в области дефекта (рис. 1, б); t – толщина стенки трубопровода; C_v – максимум энергии Шарпи; A_c – площадь поперечного сечения образца Шарпи, который использовался в испытаниях.

Большинство упруго-пластических критериев допустимости трещинообразных дефектов могут быть условно разделены на два класса:

- основанный на расчете J-интеграла (CDF-J) и/или критического раскрытия трещины (CDF-CTOD);
- базирующийся на двухпараметрических диаграммах разрушения (FAD), которые, чаще всего, выражаются как функциональная зависимость между отношениями фактического коэффициента интенсивности напряжений к кри-

тическому $K_r = K_I/K_{IC}$ и приложенной нагрузки к предельной L_r .

Непрерывно развивающиеся стандарты по оценке допустимости трещинообразных дефектов трубопроводных систем и сосудов давления, разрабатываемые ведущими научно-исследовательскими организациями всего мира, дают возможность надёжной и наименее консервативной оценки состояния дефектной конструкции в зависимости от полноты и точности исходных данных о свойствах используемого материала, эксплуатационных параметрах, геометрии конструкционного элемента с трещиной. Достаточно последовательно и полно вопрос такого анализа рассмотрен в европейской процедуре SINTAP, в которой были применены и получили дальнейшее развитие многие современные подходы по анализу состояния конструкций с трещинами [12, 13]. Так, методика CDF-J, включенная в SINTAP, реализована исходя из следующих соотношений по расчёту критического значения J-интеграла:

$$\begin{cases} J = \frac{J_e}{f^2(L_r)}; \\ J_e = \frac{K^2}{E'}, \end{cases} \quad (5)$$

где:

$$E' = \begin{cases} \frac{E}{1-\nu^2}, & \text{при условиях плоского деформированного состояния} \\ E, & \text{при условиях плоского напряжённого состояния} \end{cases} \quad (6)$$

ν – коэффициент Пуассона; f – некоторая заданная скалярная функция.

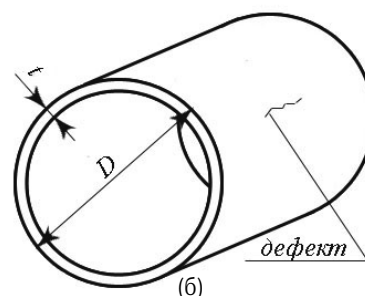
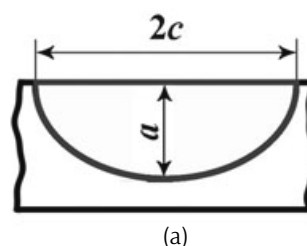


Рис. 1. Схематизация трещинообразного дефекта полуэллиптической трещиной (а) и геометрические размеры участка трубопровода с обнаруженным дефектом (б)

В случае расчета согласно методике CFD-CTOD, критическая величина раскрытия трещины предлагается следующей:

$$\delta = \frac{\delta_e}{\sigma_T \cdot f^2(L_r)}, \quad (7)$$

где $\delta_e = \frac{K^2}{\sigma_T \cdot E}$; σ_T – предел текучести.

В процедуре SINTAP, как и в большинстве подобных современных стандартов, в зависимости от имеющихся данных об участке трубопроводной системы с одиночным трещинообразным дефектом предлагается несколько уровней оценки исходя из двухпараметрической диаграммы разрушения. Так как зачастую данные о свойствах конкретного конструкционного материала носят приближенный характер, то наиболее консервативным является первый уровень оценки, для которого достаточно знать его трещиностойкость, пределы прочности и текучести. Тогда, в случае если используемый материал характеризуется выраженной площадкой Людерса, то диаграмма разрушения имеет следующее математическое описание [14]:

$$f(L_r) = \begin{cases} (1 + 0,5 \cdot L_r^2)^{-\frac{1}{2}}, & \text{при } 0 \leq L_r < 1; \\ L_r^{\frac{N-1}{2 \cdot N}} \cdot \left(\lambda + \frac{1}{2 \cdot \lambda} \right)^{-\frac{1}{2}}, & \text{при } 1 \leq L_r < L_r^{\max}, \end{cases} \quad (8)$$

где

$$N = 0,3 \cdot \left(1 - \frac{\sigma_T}{\sigma_B} \right), \quad \lambda = 1 + \frac{E \cdot \Delta \epsilon}{\sigma_T}, \quad L_r^{\max} = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{\sigma_T + \sigma_B}{\sigma_T} \right)$$

– максимальное значение L_r .

В случае если деформация Людерса $\Delta \epsilon$ неизвестна, то её предлагается консервативно оценивать как $\Delta \epsilon = 0,0375(1 - \sigma_T/1000)$.

Для материалов с непрерывным упруго-пластическим деформированием предельное состояние трещинообразного дефекта описывается следующим образом:

$$f(L_r) = L_r^{\frac{N-1}{2 \cdot N}} \cdot \frac{0,3 + 0,7 \cdot \exp(-\mu \cdot L_r^6)}{(1 + 0,5 \cdot L_r^2)^{\frac{1}{2}}}, \quad \text{при } L_r < L_r^{\max}, \quad (9)$$

где

$$N = 0,3 \cdot \left(1 - \frac{\sigma_T}{\sigma_B} \right), \quad L_r^{\max} = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{\sigma_T + \sigma_B}{\sigma_T} \right), \quad \mu = \min \left(0,6; 0,001 \cdot \frac{E}{\sigma_T} \right).$$

В 1980 г. был разработан британский стандарт PD 6493, в основу которого был положен принцип критических деформаций раскрытия трещины, необходимый для развития разрушения [9]. Так, для реализации CTOD-методологии в рамках этого стандарта предлагается следующее соотношение критической деформации:

$$\delta = \frac{1}{E} \cdot [k_t \cdot (\sigma_b + \sigma_m) + \sigma_w], \quad (10)$$

где k_t – коэффициент концентрации упругой состав-

ляющей напряжений; $\sigma_b, \sigma_m, \sigma_w$ – изгибные, мембранные и вторичные напряжения, соответственно.

Более поздняя модификация этого стандарта предлагает многоуровневый анализ состояния трещинообразного дефекта конструкций, в т. ч. сварных. Важным соотношением, предложенным разработчиками, является двухпараметрический критерий, который целесообразно использовать при минимальной информации об упругопластических свойствах материала:

$$K_r = (1 - 0,14 \cdot L_r^2) \cdot (0,3 + 0,7 \cdot \exp[-0,65 \cdot L_r^6]). \quad (11)$$

Современная редакция британской методики R6, разработанной для анализа состояния конструкционных элементов атомных электростанций с обнаруженными трещинами, имеет определённое сходство с описанным выше подходом PD 6493 [15]. Она основана на двухпараметрических диаграммах разрушения и включает три уровня рассмотрения допустимости трещинообразного дефекта в зависимости от имеющихся данных о свойствах материала конструкции, также как это имеет место в процедуре SINTAP и стандарте PD 6493. Так, первый уровень оценки предполагает минимальные сведения о материале и предлагает к использованию соотношение (11). В случае если имеется диаграмма нагружения для рассматриваемого материала, то критериальное соотношение следующее (второй уровень):

$$K_r = \frac{E \cdot \epsilon_{ref}}{\sigma_T \cdot L_r} + \frac{L_r^3 \cdot \sigma_T}{2 \cdot E \cdot \epsilon_{ref}}, \quad L_r \leq L_r^{\max}. \quad (12)$$

Третий уровень оценки включает в себя упругопластический конечно-элементный анализ напряженно-деформированного состояния конструкции с трещиной и вычисление J-интеграла. Необходимо также отметить, что методика R6 на каждом уровне оценки может включать следующие категории детального анализа: собственно зарождение разрушения, ограниченный стабильный рост трещины и спонтанное разрушение. Использование каждой из перечисленных категорий зависит от цели анализа.

Стандарт, разработанный Американским институтом нефти API 579 для оценки состояния магистральных трубопроводов с обнаруженными дефектами, включает в себя критерий оценки допустимости трещинообразного дефекта поверхности трубопровода, основанный на следующем математическом описании двухпараметрической диаграммы разрушения [16]:

$$K_r = \begin{cases} \left(\frac{E \cdot \epsilon_{ref}}{L_r \cdot \sigma_T} + \frac{\sigma_T \cdot L_r^3}{2 \cdot E \cdot \epsilon_{ref}} \right)^{-\frac{1}{2}}, & \text{если } 0 < L_r < L_r^{\max}; \\ 1, & \text{если } L_r = 0. \end{cases} \quad (13)$$

Сравнение различных рассмотренных двухпараметрических диаграмм разрушения (свойства

материала конструкции приняты следующими: $\sigma_T = 380$ МПа, $\sigma_B = 620$ МПа, $\alpha = 5,17$, $n = 6,82$) приведено на рис. 2. Из этих данных видно, что подход R6 является наименее консервативным, тогда как PD 6493 предполагает более консервативную оценку. Методики PD 6493, SINTAP и NG-18 LnSecant в основном различаются между собой в области существенного развития пластических деформаций.

Эффективная методология, учитывающая при оценке допустимости трещинообразного дефекта упрочнение материала при деформировании, была предложена Хатчинсоном в 1970 г., и, после дальнейшего развития и верификации в General Electric Corporation, была опубликована в 1981 г. как процедура EPRI (Electric Power Research Institute) [17]. Данный подход типа CDF-J заключается в расчете упругой J_{el} и пластической J_{pl} компонент J-интеграла с их дальнейшей суперпозицией:

$$J = J_{el} + J_{pl}. \quad (14)$$

В основу расчёта пластической компоненты в (14) положены предположения степенного характера диаграммы нагружения исследуемого материала (что характерно для абсолютно пластичных материалов), а также распределение напряжений у вершины трещины соответственно HRR-сингулярности. Исходя из вышесказанного, составляющие J-интеграла в рамках EPRI предлагается вычислять согласно следующим выражениям:

$$\begin{cases} J_{el} = \frac{K_I^2(a_{eff})}{E}; \\ J_{pl} = \alpha \cdot \varepsilon_{flow} \cdot \sigma_{flow} \cdot (t-a) \cdot h_1(a/t, n) \cdot \left(\frac{P}{P_0}\right)^n, \end{cases} \quad (15)$$

где

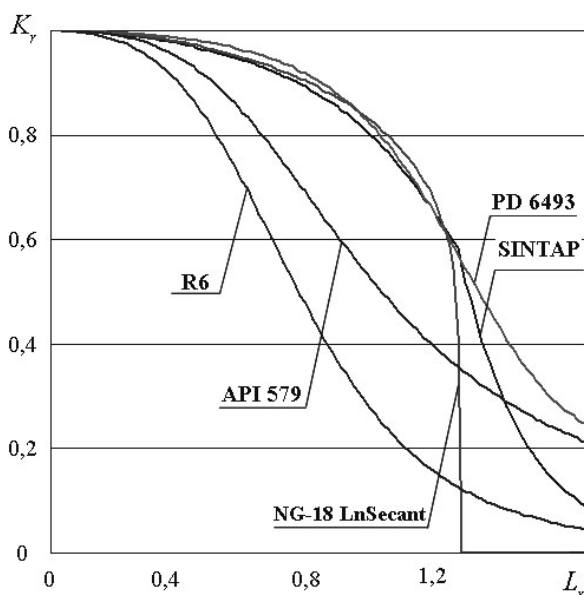


Рис. 2. Сравнение двухпараметрических диаграмм разрушения (FAD) согласно различным стандартам

$$a_{eff} = a + \left[1 + \left(\frac{P}{P_0} \right)^2 \cdot \frac{1}{\beta \cdot \pi} \cdot \left(\frac{n-1}{n+1} \right) \cdot \left(\frac{K_I(a)}{\sigma_{flow}} \right)^2 \right]^{-1}; \quad \alpha, n -$$

константы уравнения Рамберга-Осгуда; $\varepsilon_{flow} = \sigma_{flow}/E$; h_1 – безразмерный параметр, зависящий от геометрии объекта и характера деформационного упрочнения материала; a – глубина трещины; P_0 – предельное внутреннее давление в трубопроводе; коэффициент $\beta = 6$ в условиях плоского деформированного состояния и $\beta = 2$ при плоском напряженном состоянии в области дефекта.

Ведомственный руководящий документ ВРД 39-1.10-032-2001 [18], разработанный для ОАО «Газпром» (РФ) предлагает для рассмотрения трещинообразных дефектов линейных частей магистральных газопроводов подход, основанный на численной оценке максимального допустимого давления P_0 на участке трубопровода с обнаруженным трещинообразным дефектом исходя из следующего выражения:

$$P_0 = \frac{2 \cdot \sigma \cdot t}{D} \cdot \left(\frac{t - K_n \cdot a}{t - K_n \cdot a \cdot M^{-1}} \right), \quad (16)$$

$$\text{где } M = \sqrt{1 + \frac{2,64 \cdot c^2}{D \cdot t}}.$$

Значение σ оценивается с учетом времени от начала эксплуатации до окончания рассчитываемого срока τ_σ (год) на основе следующих соотношений:

$$\sigma = \begin{cases} 0,95 \frac{\sigma_{0,2} + \sigma_B}{2}, & \text{если } \tau_\sigma \leq 15; \\ \left[0,95 - 0,04(\tau_\sigma - 15) \right] \frac{\sigma_{0,2} + \sigma_B}{2}, & \text{если } 15 \leq \tau_\sigma \leq 20; \\ \left[0,75 - 0,003(\tau_\sigma - 20) \right] \frac{\sigma_{0,2} + \sigma_B}{2}, & \text{если } \tau_\sigma > 20, \end{cases} \quad (17)$$

где K_n – коэффициент, учитывающий конфигурацию stress-коррозионных дефектов, принимаемый равным 0,7.

Безусловным достоинством этого подхода является попытка формализовать процесс старения металла и, как следствие, изменение его свойств, которое выражено в (17). Но основное соотношение (16) явно повторяет форму критериев, описывающих предельное состояние поверхностных локальных коррозионных потерь металла (вплоть до использования коэффициента Фолиаса M) [19-21], тогда как напряженно-деформированное состояние в области трещинообразного двумерного дефекта и трехмерного утонения стенки существенно различны. Поэтому применение (16) для оценки допустимости трещин в стенке трубопровода сопряжено со значительным консерватизмом, что является недостатком данного подхода.

Современной тенденцией в оценке допустимости трещинообразных дефектов является вероятностный анализ их допустимости и риск-анализ

состояния дефектных трубопроводных элементов и ответственных конструкций [22-24]. Основной причиной развития этого направления механики разрушения является естественная стохастичность параметров, определяющих предельное состояние дефектной конструкции и необходимость количественной оценки взаимодействия факторов различной природы, а именно предыстории эксплуатации конструкции, которая привела к формированию дефекта, влияния различных видов ремонта на состояние дефектного участка, анализа общего состояния сложного промышленного комплекса, составной частью которого является дефектная трубопроводная система, учёт возможных последствий аварии и т. п. [25-26]. Кроме того, существующие подходы численного анализа напряжённо-деформированного состояния конструкции базируются на приближениях механики сплошной среды, что не всегда позволяет корректно описать состояние конструкции в области разрушения.

Основы вероятностной механики разрушения были заложены Вейбуллом [27-28], который предложил для описания величины вероятности разрушения трёхпараметрическую функцию распределения величины x следующего вида:

$$F(x) = 1 - \exp \left[- \frac{(x - x_u)^m}{x_0} \right], \quad (18)$$

где x_u , x_0 , m – параметры Вейбулла.

Основным преимуществом (18) является простота построения моделей разрушения, основанных на принципе слабого звена цепи. Как было показано Вейбуллом и в дальнейших исследованиях [29], распределение (22) может быть применено как для описания разброса значений прочностных характеристик металлов, усталостной прочности сталей, характеристик трещиностойкости, так и для количественной оценки вероятности разрушения в конструкциях в поле сложных концентрированных нагрузок. Поэтому использование современных методов расчёта напряжённо-деформированного состояния наряду с существующими критериями предельного состояния дефектных конструкций, а также основными принципами теории вероятности и риск-анализа позволяет выявлять новые закономерности в поведении конструкций с трещинообразными дефектами. Основным недостатком подобных методик является, прежде всего, необходимость большого количества экспериментальных исследований, необходимых для корректной оценки констант распределений, а также влияния на них основных технологических параметров, определяющих работоспособность конструкций.

На основании изложенного выше можно сделать следующие выводы:

Проанализированы основные существующие критерии предельного состояния поверхностных

трещинообразных дефектов трубопроводных систем. Приведены основные ограничения применимости и преимущества некоторых методологий.

Показано, что среди основных подходов, основанных на построении двухпараметрических диаграмм разрушения (FAD), наименее консервативными являются подходы LnSecant, SINTAP и R6, тогда как стандарты PD 6493 и API 579 предполагают более консервативную оценку.

Приведены основные тенденции в развитии методик оценки допустимости трещинообразных дефектов трубопроводных систем. Прежде всего, это касается статистических и вероятностных подходов, которые в настоящее время находят все большее применение при диагностике состояния систем АЭС и магистральных трубопроводов.

Список литературы:

1. Гумеров А.Г., Ямалеев К.М., Журавлев Г.В. Трещиностойкость металла труб нефтепроводов. – М.: Недра, 2001. – 231 с.
2. Басиев К.Д., Бигулаев А.А., Кодзаев М.Ю. Механо-коррозионные процессы в грунтах и стресс-коррозия в магистральных нефтегазопроводах. / Вестник владикавказского научного центра. – № 1. – 2005. – С. 47-53.
3. Stress corrosion cracking. Recommended practices, 2nd edition. – Calgary: Canadian Energy Pipeline Association, 2007. – 408 p.
4. Сварные конструкции. Механика разрушения и критерии работоспособности / В.А. Винокуров, С.А. Куркин, Г.Л. Николаев; Под ред. Б.Е. Патона – М.: Маш-ин. 1996. – 576 с.
5. Айнбиндер А.Б., Камерштейн А.Г. Расчет магистральных трубопроводов на прочность и устойчивость. – М.: Недра, 1982. – 341 с.
6. Estimation schemes to evaluate elastic-plastic J and COD for throughwall circumferentially cracked elbow under closing moment. // J.Chattopadhyay, A.K.S. Tomar, B.K.Dutta et al. / 18th International Conference on Structural Mechanics in Reactor Technology, Beijing, China, August 7-12, 2005. – P. 1796-1810.
7. Inglis C. E. Stresses in a plate due to the presence of cracks and sharp corners. Proc. Inst. Naval Architects. – Vol. 60. – 1913. – P. 219-230.
8. Irwin G. R. Analysis of stresses and strains near the end of a crack traversing a plate. / Journal of Applied Mechanics. – № 24 – 1957. – P. 361-364.
9. Anderson T.L. Fracture mechanics: fundamentals and applications. – Boca Raton: CRC Press LLC, 1995. – 680 p.
10. Saouma V.E. Lecture notes in: fracture mechanics. – Boulder: Dept. of Civil Environmental and Architectural Engineering University of Colorado, 2007. – 446 p.
11. Katz D., Gao M., Limon S., Krishnamurthy R.

Advances In Crack Assessment For Pipeline Integrity. Kiim/ 11th International Conference of Fracture, Turin, Italy, Mar. 20-25, 2005.

12. SINTAP defects assessment procedure for strength mismatched structures. // Y.-J. Kim, M. Kocak, R. A. Ainsworth et al. / Engineering fracture mechanics. – № 67. – 2000. – P. 529-546.

13. Failure assessment diagram – crack driving force diagram compatibility. Report/SINTAP/UC/05. // J. Ruiz Ocejo, F. Gutierrez-Solana, M.A. Gonzalez-Posada et al. – Santander: Canales y Puertos Universidad de Cantabria Avda de los Castros, 1997. – 18 p.

14. Navin D.P., Murthy D.S.R., Savitha S. Integrity Assessment of Circumferentially Cracked Pipes using Fracture Mechanics. / IE (I) Journal-MC. – Vol. 88. – 2007. – P. 19-26.

15. Lam P.S. Comparison of fracture methodologies for flaw stability analysis for high level waste storage tanks. – Aiken: Westinghouse Savannah River Company. – 46 p.

16. Fitness-for-Service. American Petroleum Institute. Recommended Practice 579. First edition. Washington: API Publications and Distribution, 2000. – 625 p.

17. Murthy R. Assessing the significance of cracks in structural components using fracture mechanics. / Journal of the Institution of Engineers. – Vol. 84. – 2003. – P. 136-134.

18. ВРД 39-1.10-032-2001. Инструкция по классификации стресс-коррозионных дефектов по степени их опасности. – М.: ООО «ВНИИГАЗ». – 2001. – 36 с.

19. Bjornoy O.H., Marley M.J. Assessment of corroded pipelines: Past, Present and Future. / Proc. of 11th International Offshore and Polar Engineering Conference. Stavanger, Norway, June 17–22, 2001. – Vol. 1. – P. 93-101.

20. Michalopoulos E., Babka S. Evaluation of pipeline design factors. Task report. – Hartford: The Hartford Steam Boiler Inspection and Insurance Company, 2000. – 94 p.

21. Bea R., Xu T. Risk assessment and management (RAM) based guidelines for requalification of marine pipelines. – Berkeley: University of California, 2000. – 157 p.

22. Muhlbaier W. K. Pipeline risk management manual: ideas, techniques and resources. Third edition. – Burlington: Gulf Professional publishing, 2004. – 395 p.

23. Махненко В.И., Великоиваненко Е.А., Олейник О.И. Риск-анализ как средство формализации принятия решений о внеплановом ремонте сварных конструкций. / Автомат. сварка. – № 5. – 2008. – С. 5-10.

24. Методики проведения риск-анализа магистральных трубопроводов с целью декларирования их безопасности и продления срока эксплуатации. // Ориняк И.В., Бородий М.В., Батура А.С. и др. / Целевая комплексная программа НАНУ «Проблемы ресурса и безопасности эксплуатации конструкций, строений и машин». Сборник научных статей по результатам, полученными в 2007-2009 гг. – Киев: Институт электросварки им. Е.О. Патона НАНУ, 2009. – С. 18-21.

25. A new engineering method for prediction of the fracture toughness temperature dependence for RPV steels // B.Z. Margolin, A.G. Gulenko, V.A. Nikolaev et al. / International Journal of Pressure Vessels and Piping. – № 80. – 2003. – P. 817-829.

26. Guidelines for application of the master curve approach to reactor pressure vessel integrity in nuclear power plants. Edited by V.N. Lyssakov and Ki-Sig Kang. – Vienna: International Atomic Energy Agency, 2005. – 104 p.

27. Weibull W. A statistical theory of the strength of materials. – Stockholm: Generalstbens litografiska anstalts forlag, 1939. – 45 p.

28. Weibull W. A statistical distribution function of wide applicability. / Journal of Applied Mechanics. – September 1951. – P. 293-297.

29. Weibull W. Fatigue testing and analysis of results. – Oxford: Pergamon Press, 1961. – 305 p.

●# 1140

Высокопроизводительная сварочная установка для легких проволочных сеток

Сварочная сеточная установка NS200 от компании Schlatter предназначена для производства легких сварочных сеток в виде рулонов. Установка сконструирована с применением сварочных процессов с эксцентриковым приводом. В установке применена среднечастотная технология сварки (MF). Продольная и поперечная проволока подается с катушек или бухт, что исключает необходимость в дополнительных правильно-резательных станках. Весь процесс поддерживается современным ПЛК. Простое управление реализовано с помощью панели управления Siemens.

NS200 предназначена для изготовления сеток из тонкой проволоки Ø 0,5-2,5 мм. Поперечная проволока в зависимости от спецификации сетки подается по одной-две

штуки благодаря специальной системе транспортного и маятникового захватов на уровень электродов. Вытяжка сетки производится посредством подающей системы, расположенной за сварочным порталом и состоящей из трех обрезиненных вальцов. Благодаря этой системе возможна бесступенчатая ячейка.

Материал проволоки для NS200: холоднокатанная или холоднотянутая гладкая проволока; холоднотянутые оцинкованная или нержавеющая проволоки.

Технические характеристики: ширина сетки – 2100-2600 мм; продольная и поперечная ячейки – от 6 мм; диаметр продольных и поперечных стержней – 0,5-2,5 мм.

www.docplayer.ru

Поточная термообработка наплавочных электродов Т-590 и Т-620

Е.П. Шелепов, канд. техн. наук, ООО «Высокие технологии» (Москва)

На большинстве электродных предприятий существует такой подход к процессу изготовления наплавочных электродов с особо толстым покрытием, который предполагает раздельный способ термообработки. Наряду с этим, еще в середине 80-х гг. была успешно решена задача поточного производства таких электродов. Поэтому целью статьи является информирование специалистов о работе поточной линии для изготовления высокопроизводительных наплавочных электродов.

Наплавочные высокопроизводительные электроды Т-590 и Т-620 имеют особо толстое покрытие, для них $D/d > 1,8$; здесь: D – наружный диаметр покрытия, d – диаметр стержня. Традиционная термообработка в процессе их изготовления сопряжена с большими затратами ручного труда и требует значительных производственных площадей. Свежеопрессованные электроды буквально «лелеют» – их аккуратно раскатывают без соприкосновения друг с другом на деревянные рамки, которые собирают в стопы, оставляют на длительное (36-48 ч) провяливание, а затем помещают в сушильную печь. После сушки электроды перекалывают на металлические рамки, которые тоже собирают в стопы и помещают в прокаточную печь. Охлаждают электроды на воздухе вне печи.

В ИЭС им. Е.О. Патона были проведены исследования [1] по поточной термообработке электродов с особо толстым покрытием. Исследования выполнены применительно к сварочным рутиловым электродам АНО-1 с железным порошком в покрытии с $d = 4-6$ мм, с коэффициентом массы покрытия $K_m = 150-160$ %, с толщиной покрытия на сторону до 2,5 мм. Возможность поточной термообработки этих электродов обусловлена применением смеси натриевого и калиевого жидкого стекла оптимальной плотности. Разработка ИЭС была внедрена на конвейерных многопроходных печах.

Такой технологический прием используется теперь в электродном производстве, но конвейерные многопроходные печи снижают его эффективность. В них покрытие повреждается при перевалках и на конвейерных цепях. Многослойная укладка электродов в зоне прокатки затрудняет удаление влаги из их срединных слоев.

В данной статье рассматривается поточная линия, предназначенная по техническим требова-

ниям заказчика, для изготовления только наплавочных электродов марок Т-590 и Т-620. Линия не имеет недостатков как традиционного способа, так и конвейерных многопроходных печей. Поточность производства достигается, во-первых, введением механизации, основанной на использовании многопалочных контейнеров [2]. Они механизировано заполняются свежеспрессованными электродами, которые опираются на полки контейнера лишь двумя концами (зачищенным под держатель и контактным). Это сводит к минимуму повреждения покрытия от транспортных средств. В контейнере электроды размещают без соприкосновения друг с другом. Зазор между ними составляет 4-5 мм. Никаких перевалок или перегрузок от опрессовки до выгрузки не происходит. Выгрузка электродов из контейнера производится тоже механизировано. Во-вторых, в дополнение к этому, поточность производства обеспечивается теплотехническими приемами. Для этого на участке осуществляется полный цикл термообработки – естественное провяливание до печи, сушка и прокатка в туннельной печи и охлаждение вне печи.

Принципиальная схема поточной линии, исходные требования на проектирование печи с тепловыми расчетами выполнены во ВНИПИТеплопроект, а конструкторская документация и изготовление печи на Центральном ремонтно-механическом заводе Мосэнерго. Пуско-наладочные работы были проведены этими предприятиями совместно. Поточная линия (рис. 1) включает в себя неприводной рольганг 1, по которому контейнеры 2 толкателями перемещаются через участок естественного провяливания, печь и участок охлаждения.

Печь представляет собой теплоизолированный туннель 3, имеющий на входе и выходе двери 4 и 5, поднимаемые и опускаемые с помощью гидроцилиндров. Печь имеет четыре тепловые зоны (I-IV) с тепловентиляционными системами, расположенными на площадке, смонтированной над печью. Каждая тепловентиляционная система включает в себя циркуляционный вентилятор 6, электронагреватель 7 и соединительные трубопроводы. В боковых пазухах печи имеются подающие короба 8, количество которых соответствует количеству контейнеров.

При разработке тепловой схемы печи стремились получить равномерную термообработку электродов.

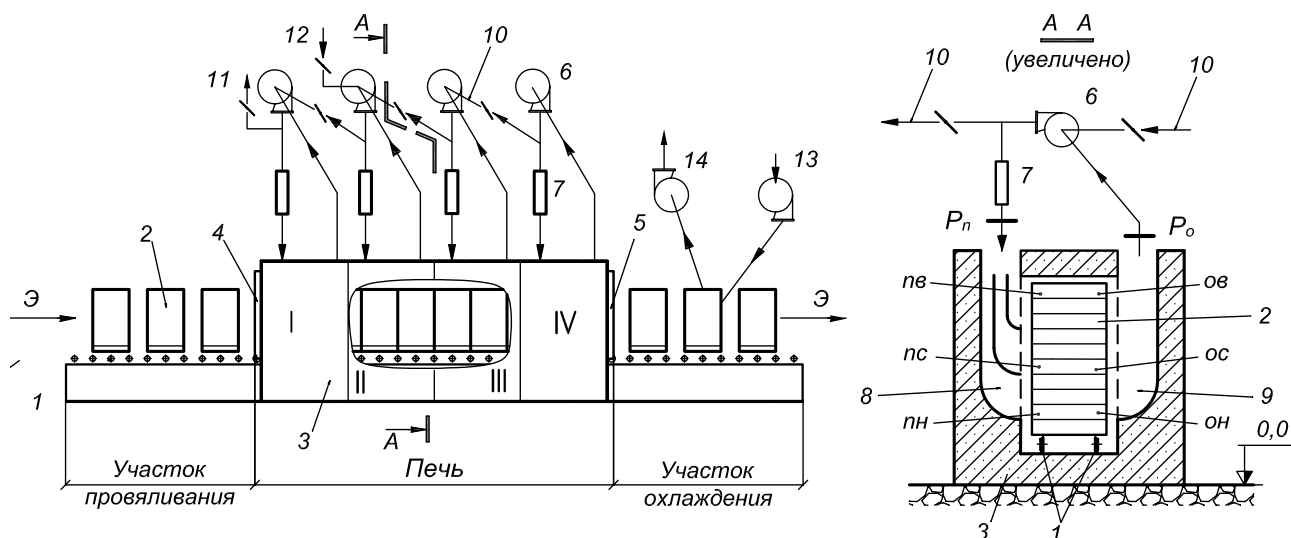


Рис. 1. Схема линии поточной термообработки электродов: Э – электроды; Ш – шибер

тродов путем регулирования воздушных потоков. Поэтому в подающие короба были встроены поворотные дефлекторы, предназначенные для равномерного распределения потока воздуха по высоте контейнера. Воздух из подающих коробов подается в рабочее пространство через щелевые решетки. Пройдя межэлектродное пространство внутри контейнера, воздух собирается в отсасывающих коробах 9, количество которых, также как и подающих, равно количеству контейнеров. Затем воздух поступает в циркуляционный вентилятор, замыкая тем самым, контур циркуляции.

С целью экономии электроэнергии в печи применена система рекуперативного использования теплоты отходящих газов. Отработанный в зонах

IV, III и II воздух не сбрасывается в атмосферу, а поступает в предыдущую зону по трубопроводам рекуперации теплоты 10, т.е. из зоны IV – в зону III, из зоны III – в зону II, из зоны II – в зону I. Сброс в атмосферу производится только из зоны I (поз. 11), где газы имеют максимальное влагонасыщение и минимальную температуру. Свежий цеховой воздух подается в зону II (поз. 12).

За выходной дверью производится трехстадийное охлаждение электродов: 1) естественное охлаждение на позиции рядом с выходной дверью; 2) активное охлаждение с помощью вентиляторов 13 и 14, при этом вентилятор 13 работает периодически: он включается после выталкивания очередного контейнера из печи, а отключа-

Таблица 1. Результаты испытаний печи

Зоны печи	I	II	III	IV
Продолжительность пребывания электродов, мин	80	80	40	60
Средняя скорость воздуха, м/с	2,6	3,3	4,0	2,8
Аэродинамическое сопротивление печи $P_n - P_o$, Да Па (точки на рис. 1)	65	88	88	46
Температура, °С:				
- подаваемого в зону воздуха	95-105	135-145	220-230	300-310
- электродов на выходе из зоны (точки на рис. 1)				
на подаче: верх (пв)	97	138	230	305
середина (пс)	97	138	220	295
низ (пн)	98	136	225	303
на отсосе: верх (ов)	95	128	228	305
середина (ос)	88	125	210	290
низ (он)	98	130	225	280
Влажность покрытия на выходе из печи, % (точки на рис. 1)				
на подаче: верх (пв)	-	-	-	0,23
середина (пс)	-	-	-	0,22
низ (пн)	-	-	-	0,22
на отсосе: верх (ов)	-	-	-	0,27
середина (ос)	-	-	-	0,21
низ (он)	-	-	-	0,3

ется с помощью реле времени; 3) окончательное естественное охлаждение.

Показатели работы печи при выпуске электродов Т-620 с $d = 5$ мм, $D/d = 1,84$, $K_m = 125$ % представлены в *табл. 1*. Во время испытаний электроды находились на участке провяливания 60 мин. Среднесменная производительность линии составляла 660 кг/ч.

Прокомментируем таблицу 1.

- Продолжительность пребывания электродов в каждой из зон кратна длине зоны и, соответственно, числу имеющихся там контейнеров. Скорость воздуха в зоне зависит от конфигурации воздушного тракта и от площади выхода воздуха из подающих коробов, т. е. от их количества.
- Скорость воздуха замеряли крыльчатым анемометром при температуре 20 °С в рабочем пространстве печи на расстоянии 100 мм от подающих коробов. Минимальная скорость воздуха (1,6–1,7) м/с была на позиции первого контейнера, а максимальная 4,2 м/с – на позиции девятого контейнера – это зона III.
- Температуру подаваемого воздуха замеряли с помощью стационарных приборов на щите управления печью. Температуру электродов замеряли с помощью гибких «ползущих» термопар, длина которых на 2–3 м превышает длину печи. Спаи термопар вмазывали в покрытие. Контрольные электроды продвигались по печи вместе с контейнерами, а свободные концы термопар, подсоединенные к потенциометру, находились вне печи. В каждой из зон печи температура электродов, расположенных на стороне подачи воздуха (точки пв, пс, пн) в большинстве случаев выше, чем на стороне отсоса (точки ов, ос, он). Максимальная разность температур электродов составляла в зоне I – 10 °С, в зоне II – 13 °С, в зоне III – 20 °С, в зоне IV – 25 °С.
- Однако, такая неравномерность температур в итоге оказалась приемлемой, поскольку конечная влажность покрытия составляла 0,21–0,3 % при норме $\leq 0,3$ %.

Прочность покрытия была удовлетворительной, трещины отсутствовали. Наблюдалась одна вмятина покрытия на контактном конце электрода глубиной менее 1 мм и протяженностью 8–10 мм, что допустимо и технически, и нормативно.

Проектные и эксплуатационные показатели точной линии приведены в *табл. 2*.

Линия, предназначенная изначально для электродов Т-590 и Т-620, может быть использована также для других марок наплавочных и сварочных электродов. Изучение работы туннельной печи послужило основой для разработки более эффективного способа под-

Таблица 2. Техническая характеристика линии

Параметры	Показатели
Электроды: - марка - длина, мм - диаметр стержня d , мм - отношение D/d - толщина покрытия на сторону, мм - коэффициент массы покрытия, %	Т-590, Т-620 450 4 и 5 1,81-1,84 до 2,1 110-125
Производительность по электродам с $d = 5$ мм (средняя за смену), кг/ч	660
Количество контейнеров: - на участке провяливания - в печи, по зонам - на участке охлаждения	3 4+4+2+3 3
Длина, м: - линии - камеры печи Ширина печи, м: - на отметке «0» - по площадке Высота печи, м: - камеры - габаритная	13,2 8,0 2,0 3,7 2,7 5,2
Температура в печи, °С	60-310
Продолжительность термообработки: - на участке провяливания, мин - в печи, ч - на участке охлаждения, мин - всего, полный цикл, ч	50 -60 4-6 45-50 5,6 - 7,8
Установленная мощность, кВт - нагревателей - электродвигателей	192 41,5

вода воздуха в рабочее пространство. В построенной позже печи ППТК-15 воздух подается не односторонне только слева–направо, как в рассмотренной печи, или только снизу, как в печах ОКБ-759, а разнонаправленно, т. е. сначала снизу–вверх, затем слева–направо, а потом справа–налево [3].

Литература

1. Бейниш Л.М., Походня И.К., Бабенко В.Ф. Скоростная сушка электродов с большой толщиной покрытия // Автомат. сварка. – 1963. – № 1 (118). – С. 87-89.
2. Исаков В.П., Котов М.Е. Поточная линия для изготовления электродов. Авторское свидетельство СССР № 618229. Заявл. 01.08.76 г. Опубл. 05.08.78 г. Бюл. № 29.
3. Шелепов Е.П. Печи ППТК-15 и Г-233 для термической обработки сварочных электродов // Свароч. произв.-во. – 2002. – № 10 (815). – С. 42-45.

●# 1141

Применение специализированной позиционирующей оснастки в сварочном производстве или «Lego» для сварщиков

Стешиц А.Г., УП «Белгазпромдиагностика» (Минск, Республика Беларусь)

С развитием современных сварочных производств все большую актуальность приобретает наличие в технологическом процессе быстро перенастраиваемых кондукторов и шаблонов. Одним из путей решения позиционирования и закрепления деталей для сварки долгое время являлась система универсальных сварочных приспособлений – УСП. Сегодня современное производство требует не только сваривание изделий с соблюдением технических и технологических параметров шва, но и с получением точных геометрических размеров всей конструкции после проведения сварочных работ. Поэтому в сварочном производстве появилось новое понятие: системы 3D фиксации или стапели для сборочно-сварочных работ.

Немного истории.

Универсальное сборочное приспособление (УСП), широко применяемое в производстве, производилось, как правило, из чугунной плиты в которой фрезеровались Т-образные пазы для крепления технологической оснастки (рис. 1, а). На таких плитах с помощью ползунов в Т-образных пазах фиксировались как сами свариваемые детали, так и оснастка для их фиксации. Зачастую роль таких ползунов выполняли болты с отфрезерованной под размер паза головкой. Основная задача таких приспособлений – сборка и крепление свариваемого изделия в удобном для сварщика положении. Недостатки таких приспособлений заключаются в следующем: полное отсутствие повторяемости результата, малая точность позиционирования, многократные измерения, большой вес и малая универсальность оснастки. Технологическая оснастка, за исклю-

чением самой плиты, для фиксации и позиционирования, как правило, изготавливалась под каждое изделие и являлась уникальной.

Большое распространение наравне с УСП получили также сварочные кондукторы (рис. 1, б). Кондуктор обычно изготавливался под один типоразмер изделия и его модификации. При массовом производстве применение кондукторов оправдано и экономически выгодно, но уже при малосерийном производстве и наличии пары десятков типоразмеров изделия возникает вопрос хранения кондукторов, их переустановки и переналадки. Например, некоторые предприятия, производящие общественный транспорт (автобусы, троллейбусы, трамваи) в своем ассортименте имеют до 30-60 кондукторов только боковых стенок вагонов и постоянно сталкиваются с проблемой их переустановки и переналадки, т. к. после каждой повторной установки надо заново перепроверять все геометрические размеры изделия и корректировать их. Плюс к этому, наличие такой технологической оснастки требует дополнительных производственных площадей для ее хранения и при изменении конструкции изделия требует внесения изменений в саму конструкцию кондуктора или создания нового.

Некоторые компании, производящие сборочно-сварочные стапели пошли по пути совершенствования Т-образных УСП и предлагают вполне технологичное, с приемлемой точностью, оборудование (рис. 2). Однако, при использовании такого оборудования нет простоты повторения результатов и при каждой установке изделия все

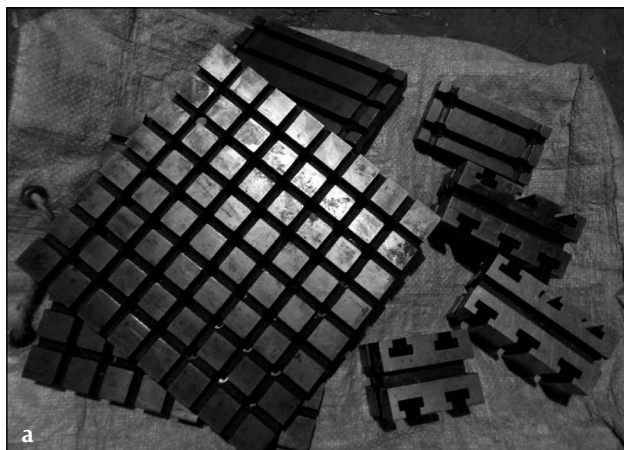


Рис. 1. Плита с пазами для универсального сборочного приспособления (а) и кондуктор для приварки фланцев (б)



Рис. 2. Стол с Т-образными пазами
ЗАО «Гомельский механический завод»

равно приходится проверять геометрические параметры, а при смене типоразмеров требуется наладочная установка всех фиксирующих элементов. Свободное движение фиксаторов по пазу – некоторое преимущество и основной недостаток этих систем. Из-за достаточно больших допусков изготовления и крепления позиционирующих элементов на данных системах произвести точную сборку под сварку можно лишь при постоянном контроле геометрических параметров и очень аккуратной работе. Сдвиг хотя бы одного позиционирующего элемента в Т-пазе может нарушить геометрию всей конструкции в целом. Очень важным недостатком позиционирования на Т-образных столах является определение точки отсчета

параметров изделия – из-за свободного движения позиционеров в пазе можно определить максимум две точки, что сказывается на соблюдении прямоугольности и параллельности конструкции, повторяемости углов наклона.

Системы 3D или стапел для сборочно-сварочных работ.

В настоящее время уже с десятков производителей позиционируют себя, как производители сборочно-сварочных систем D16 и D28* (рис. 3). Среди них есть, как серийные производители из Китая, России, Германии, Латвии и др., так и мелкие предприятия, декларирующие изготовление подобной оснастки под заказ. Основной сложностью изготовления сборочно-сварочных стапелей является соблюдение точности сверловки-фрезерования отверстий по координатной сетке.

Вся дальнейшая точность фиксации основана на соблюдении плоскостности самой рабочей поверхности и точности сверловки межцентровых расстояний отверстий с минимальными допусками. При больших допусках кривизны поверхности будет невозможно соблюсти плоскостность конструкции, а при наличии больших допусков при сверловке отверстий становится необходимостью постоянная проверка геометрических параметров устанавливаемых упоров, что на «нет» сводит основное преи-

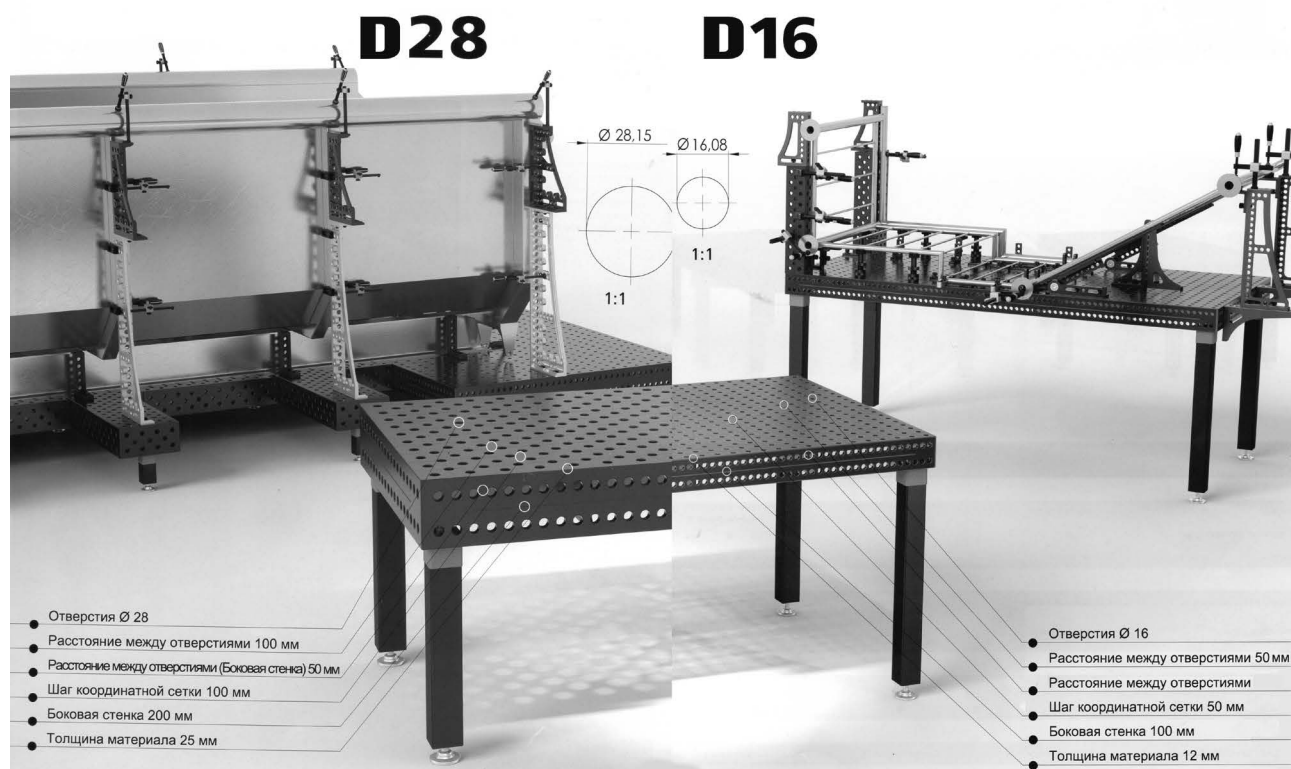


Рис. 3. Сборочно-сварочные системы: D28 – выполнит любые требования от легких до тяжелых конструкций, D16 – для легких и филигранных конструкций

* Терминология «сварочный стол» не совсем применима к данным системам, т. к. их использование возможно в любом пространственном положении, как с опорами, так и без них. Сегодня все большее распространение получают системы использования позиционирующих поверхностей с созданием рельсовых и плитных систем.

мущество – точную геометрию и повторяемость результатов. Существенными преимуществами также являются защита поверхности оснастки от налипания сварочных брызг, твердость поверхности и прочность конструкции, предлагаемый ассортимент упоров, дополнительных элементов, зажимных и фиксирующих приспособлений.

Bernd Siegmund GmbH и Demmeler Maschinenbau GmbH & Co. KG – основные производители сборочно-сварочных стapeлей и зачинатели идеи 3D фиксации. На сегодняшний день только их производства обеспечивают высокое качество изготовления позиционирующих плит и элементов, фиксирующих болтов, зажимных трубочин и приспособлений. Компания Demmeler является первопроходцем-изобретателем таких систем и обладает рядом патентов на производство отдельных элементов. Долгое время компания Demmeler выпускала системы в основном для автомобильной промышленности и решения ряда узкоспециализированных технологических задач, таких как моделирование. С конца 1990-х гг. компания Siegmund сделала доступными системы 3D фиксации для широкого круга сварочных производств, разработала и производит уникальный широкий ассортимент различных упоров, угольников, фланцевых досок, создала свою систему унифицированных зажимных трубочин из взаимозаменяемых элементов.

Продукция др. производителей просто повторяет саму идею фиксации на основе координированных отверстий и имеет ряд существенных недостатков, основным из которых является точность изготовления, что нивелирует преимущество таких систем и зачастую их приобретение не дает никакого положительного эффекта для производства.

Основа системы 3D.

Основу системы сборочно-сварочных стapeлей 3D составляет позиционирующая поверхность (плита) с точно выверенными межцентровыми расстояниями отверстий. Принята классификация этих систем по диаметру отверстий D16, D22, D28. Диаметр отверстия обуславливает возможную нагрузку на плиту и размер позиционирующих и фиксирующих элементов. Долгое время существовали всего лишь две системы 16 и 28 (рис. 3), а 22 появилась сравнительно недавно, как промежуточная система, востребованная рынком.

Номенклатура основных стандартных типоразмеров плит достаточно широка и позволяет применять плиты для любых технологических решений. Для удобства работы плиты выпускаются как просто перфорированный лист металла – Basic, так и имеющие перфорированные боковые поверхности и ребра жесткости. Плиты выпускаются как прямоугольной и квадратной формы, так и восьмиугольные для применения на роботизированных позиционерах. Кроме плит, для удобства технологической

применяемости, выпускаются различные перфорированные балки и блоки. Все плиты, балки и блоки с высокой точностью фиксируются между собой и составляют после сборки единую конструкцию для проведения сборочно-сварочных работ.

Возможность установки плит достаточно разнообразна – это установка плит на опорах в виде столов рабочих поверхностей и использование их в виде системы платформ или рельсовых систем при производстве больших и объемных металлоконструкций. Наиболее широкое применение получило использование плит на опорах. Опоры производятся различных видов: с регулировкой и без по высоте, с возможностью анкерного крепления к полу или свободного перемещения на колесах. Количество опор под плиту подбирается в зависимости от веса самой плиты и расчетной нагрузки изделия.

Для крепления позиционирующей оснастки, зажимных и специальных приспособлений, соединения плит между собой, применяются специализированные болты-фиксаторы. Болт-фиксатор просто вставляется в отверстие позиционирующего элемента и посредством распиравания шариков в



Рис. 4. Болт-фиксатор – благодаря усовершенствованному механизму устанавливается и вынимается за секунды

нижней части болта фиксируется на плите (рис. 4). Фиксация с помощью распорных шариков и дает основное преимущество системы – при любых поверхностных повреждениях плиты фиксация в отверстиях осуществляется точно по межцентровому расстоянию. Для удобства использования болты-фиксаторы выпускаются для крепления двух, трех элементов, с потайной головкой, с возможностью быстросъемной фиксации.

Конструкция плит.

Плита представляет собой перфорированный лист металла, изготовленный, как правило, из стали s355j2 (сталь с низким содержанием углерода, имеющая минимальный предел текучести 355 Н/мм², широко используется в машиностроении и строительстве. Эта сталь s355j2, российский аналог которой 17ГС и 17Г1С, отличается прочностью на разрыв и механическим воздействием (ударной прочностью). Рабочая поверхность плиты подвергается плазменному азотированию и чернению против коррозии, что практически полностью исключает прилипание сварочных брызг и обеспечивает долговечность использования. Рабочая твердость поверхности серийно выпускаемых сегодня плит составляет 750-850 HV по Виккерсу. Плиты выпускаются, как правило, с боковинами и имеют ребра жесткости по всей площади. Толщина плит составляет для системы: 16 – 11,5-13 мм, 22 – 17-19 мм, 28 – 24,5-27 мм. Высота боковой поверхности 100, 150 и 200 мм. На рабочей поверхности плиты нанесена для удобства работы измерительная шкала и координатная сетка отверстий. Шаг отверстий для 16 системы 50x50 мм, для 22, 28 системы – 100x100 мм. Для 28 системы возможно изготовление плит с дополнительными отверстиями с шагом 50x50 мм или с расположением дополнительных отверстий по диагонали, что дает большую возможность прижима и расположения оснастки. Как правило, данную опцию заказывают предприятия, занимающиеся точным моделированием и созданием прототипов в автомобильной и рекламной индустрии. Для большинства пользователей потребности полностью удовлетворяются выпускаемой но-

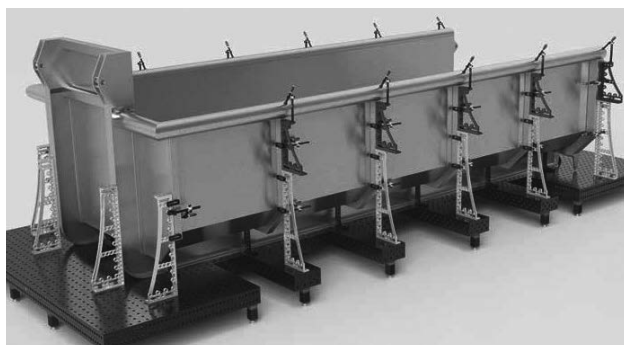


Рис. 5. Пример применения позиционирующих плит и дополнительных блок-балок для создания коробчатой конструкции с малым возвышением над полом

менклатурой оснастки.

Дополнительная оснастка для создания уникальных рабочих поверхностей.

К дополнительной оснастке для создания рабочей поверхности можно отнести различные блоки и балки, расширительные и промежуточные блоки. Применение балок и блоков позволяет создавать практически любую конструкцию рабочей поверхности, как в одной плоскости, так и в различных плоскостях и пространственном положении. Фактически, применяя различные плиты совместно с блоками и балками можно создать фиксирующую поверхность любой сложности (рис. 5-8). Например, при производстве рамных металлоконструкций требуется большая ровная поверхность, на которой можно разложить и сваривать профильный металл, и где сварщик работает в неудобной позе, стоя на коленях и два-три человека помогают ему, фиксируя заготовки в нужном положении. При применении системы 3D фиксации, снабженной упорными угольниками и струбцинами для зажима; сварщик уже может работать вдвоем с помощником и скорость и качество сварки возрастут. Но так ли оправдано такое решение? Ведь при создании рамных металлоконструкций надо осуществить упор и фиксацию лишь в местах сварки и не целесообразно использовать сплошную рабочую поверхность, а можно использовать балочную конструкцию стапеля с учетом таких точек. Тем более, что для эффективного использования системы на ней надо совершать только операции сборки и прихватки, а обваривание производить сняв изделие со стапеля и другим сварщиком.

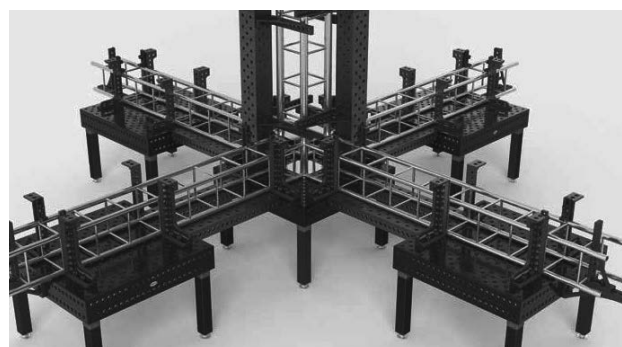


Рис. 6. Пример применения плит и блок-балок для позиционирования сложной арочной конструкции



Рис. 7. Пример применения блок-балок для создания стапеля для сварочных работ с рамными конструкциями

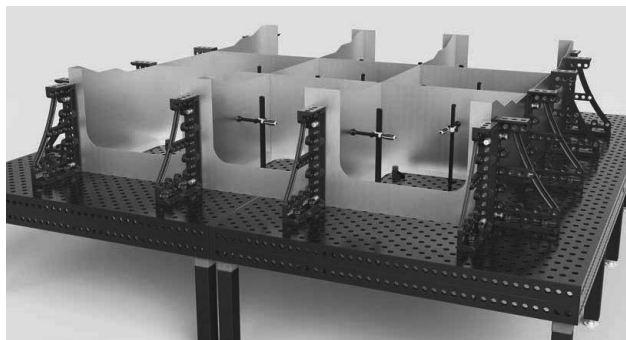


Рис. 8. Создание сложных коробчатых конструкций

Номенклатура позиционирующих элементов и фиксирующих зажимов.

Номенклатура позиционирующих элементов на сегодня столь разнообразна, что потребности в ней ограничены, лишь креативностью технологов и разработчиков техпроцессов. Основными элементами позиционирования являются различные стоп-планки, универсальные упоры и упорные и крепежные угольники. Для удобства применения практически все эти элементы выпускаются с плазменным азотированием и нанесенной мерной шкалой. При работе с круглой и профильной трубой применяются различные призмы и фиксирующие конусы. В случае необходимости приварки фланцев, существуют специальные крепежные доски для фланцев, что полностью обеспечивает получение нужного угла фланец-труба при сварке (рис. 9). Все элементы крепятся с помощью фиксирующих болтов к позиционирующей поверхности в определяемых местах. При необходимости обеспечения доступа к изделию в сложных местах применяются болты с потайными головками.

Для работы с листовым металлом и фиксирования его в вертикальном положении к упорам применяются магнитные болты, обеспечивающие точное позиционирование с заданным углом по отношению к горизонтальной поверхности (рис. 10).

Фиксирующие зажимы обеспечивают точное и надежное фиксирование изделия. Конструкция зажимов полностью исключает произвольные сдвиги изделия, предусмотрена возможность установки собственных фиксирующих элементов заказчика с помо-

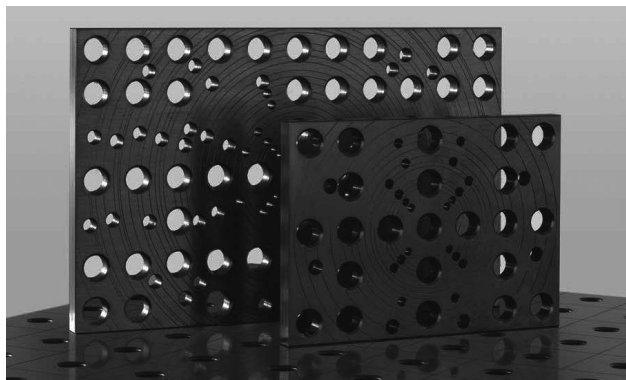


Рис. 9. Специализированные позиционирующие доски для фланцев

щью специальных адаптеров. При необходимости механизации процесса прижима в системе можно применять специально сконструированные пневматические зажимы. При работе с изделиями из цветных металлов и с полированной поверхностью предусмотрено использование в зажимных трубинах полиамидных или алюминиевых прижимных головок. Компания Siegmund выпускает фиксирующие трубины с взаимозаменяемыми элементами, что позволяет заказчику создать трубину наиболее подходящую к каждому конкретному случаю.

Дополнительная оснастка.

В развитие систем 3D фиксации производители в последнее время наладили выпуск унифицированных приспособлений и устройств, приспособленных, в первую очередь, для работы в небольших мастерских и на малых производствах. Так, серийно выпускаются специализированные рабочие верстаки (станции) основу которых составляет позиционирующая плита с набором угольников и трубин. Организаторы для инструмента позволяют создать рабочее место под конкретные требования и удобства.

Выпрямляющий пресс, созданный специально для выравнивания изделий из деформированной стали. При сжимающей силе в 2,5 т, детали, которые имеют неровность или растяжение, могут быть выпрямлены. При наличии трубогибочной оснастки, возможно гнуть трубы $\varnothing$ до 42 мм. Общий ход составляет 60 мм, что может быть достигнуто с помощью 13 ходов насоса с рабочей силой около 330 Н (ход поршня насоса 4,6 мм). Перепускной клапан предотвращает дополнительное нарастание давления, когда шток поршня полностью выдвинут.

Двусторонние магнитные блоки имеют две магнитные стороны и предназначены для закрепления заготовок на стальных поверхностях, таких как сварочно-сборочные столы. Несколько магнитных зажимных блоков могут быть соединены друг с другом через внутренний шестигранник, чтобы зафиксировать заготовки большего размера. Активация

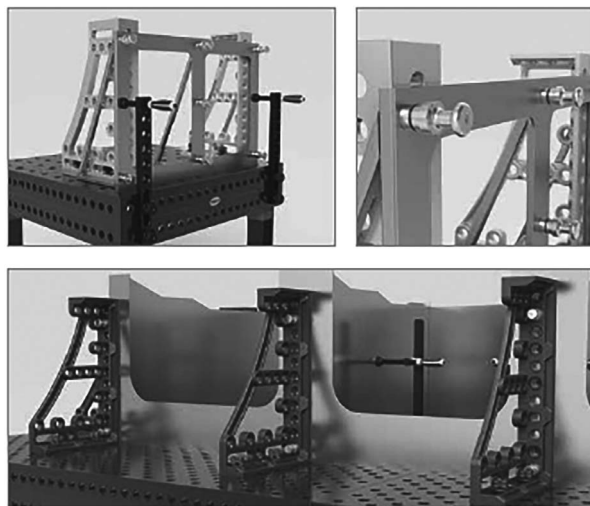


Рис. 10. Применение магнитных болтов

магнита осуществляется поворотом съемного переключателя. Поверхности двустороннего магнитного блока никелированы. Две магнитные зажимные стороны блока могут использоваться для фиксации заготовок практически любой геометрии: трубы, листы или профили. Двусторонний магнитный блок – это оптимальное устройство для быстрого, универсального зажима, позволяющего избежать ограничений при сварке, сверлении, снятии заусенцев или нарезания резьбы.

Пневматический зажим (цилиндр) для автоматизации фиксации элементов существенно сокращает рабочее время и затраты. К тому же автоматизация гарантирует определенные условия, такие как давление зажима. Короткий вариант пневматического цилиндра устанавливается в системные отверстия с помощью адаптера. Длинный вариант пневматического цилиндра фиксируется вкручиванием втулки с резьбой в отверстия 28 системы. Через разделитель для 8 приемников пневмоцилиндр соединяется с компрессором, к нему может подаваться рабочее давление от 1 до 10 бар. Диапазон длины хода в зависимости от типа цилиндра составляет 25 или 50 мм. Давление снимается закрытием соответствующего задвижного клапана.

Создание глобальных позиционирующих систем.

Уникальная возможность точного позиционирования и универсальность оснастки позволяет создавать легко перенастраиваемые глобальные системы сборки и фиксации под различные виды работ. Распространение и практическое применение получили две системы: рельсовая и платформенная (рис. 11, 12).

Высокоточная установка рельсовой системы обеспечивает структурированное рабочее пространство при максимальной точности и минимальной погрешности. Так, например, при длине рельса 25 м отклонение составляет лишь 2 мм. Таким образом, можно производить детали большой площади точно по размеру.

Из сочетания поверхностей, опорных рам и зажимных элементов выстраивается множество вариантов крепежа любого размера. Используя рамы и опоры на роликах, столы и приспособления к ним можно легко передвигать и фиксировать на рельсе

шагом в 100 мм. За счет вариативности рельсовой системы вы сможете устанавливать и закреплять объекты любого размера. Рельсовая система предназначена для установки конструкций большой площади и обработки крупных деталей (рис. 11).

Рельсы плотно крепятся к полу болтами или, по возможности, монтируются прямо в фундамент цеха. При этом образуется структурированная рабочая зона с широкими возможностями крепежа, что обеспечивает безопасную, точную и эффективную работу. При заливке рельс в фундамент используют пластиковые заглушки, тем самым предотвращается проникновение бетона в системные отверстия. Используемые стальные заглушки предотвращают попадание грязи в процессе работы и легко убираются при помощи магнитного болта.

Специальная платформенная система позволяет удовлетворить любые потребности и обеспечивает большую вариативность и точность (рис. 12). Путем соединения ее элементов создается структурированная и предельно точная рабочая поверхность любой площади. Точность сборки обеспечивается использованием современного 3D-лазера. Полученная поверхность, оснащенная сеткой отверстий и координатными линиями, существенно облегчает работу с крупными массивными деталями. Фиксация и зажим осуществляются и могут изменяться непосредственно при позиционировании, что дает возможность корректировать геометрические параметры конечного изделия, вне зависимости от точности изготовленных заготовок. Использование платформенной системы позволяет быстро перенастраивать производство, что дает конкурентные преимущества и позволяет решать самые сложные задачи. Установка платформ может быть осуществлена на любой высоте от пола или быть зафиксирована на нулевом уровне. В случае необходимости расширения рабочей поверхности ограничения отсутствуют.

Как правило, системы рельсов и платформ поставляются и монтируются по индивидуальным заказам с учетом конкретных требований заказчика.

Применение систем 3D фиксации на производстве в комплексе с позиционерами позволяет обеспечить максимальный комфорт и доступ при



Рис. 11. Примерный проект рельсовой системы

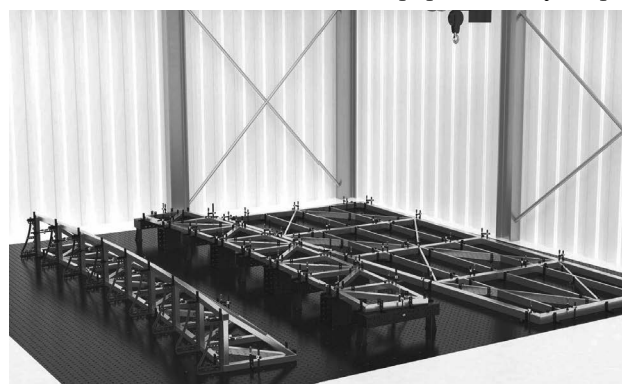


Рис. 12. Примерный проект системы платформ

любых технологических операциях: сварке, сборке, техническому обслуживанию (рис. 13-16).

Как правило, изготовление такой оснастки происходит под заказ. Системы оснащаются необходимым набором позиционирующих и фиксирующих элементов под определенный проект и вариативность такой системы в дальнейшем зависит от возможностей заказчика приобретать дополнительные элементы и соблюдения допустимых нагрузок на механизмы вращения.

Совместное использование оснастки разных производителей и качество ее изготовления.

Все элементы систем фиксации 3D взаимозаменяемы между собой вне зависимости от производителя. Точность изготовления и конструктивная идея позволяет применять комплектации разных производителей без ограничений. Использование позиционирующих и фиксирующих элементов в рамках одного предприятия разной размерности, например, 16 и 28 системы возможно с помощью применения специальных адаптеров.

При работе на системах-репликах «гаражно-коленочного» производства гарантировать взаимозаменяемость невозможно. Т. к. некоторые «производители», несмотря на декларирование соответствия позиционирующих отверстий стандарту 16, 22 и 28, намеренно не указывают, что применение фиксирующих болтов возможно только лишь на их оснастке из-за разницы в конструкции фиксации и конструктивной толщины позиционирующих плит.

Стоит отметить, что применение позициониру-



Рис. 13. Сварка трубопровода

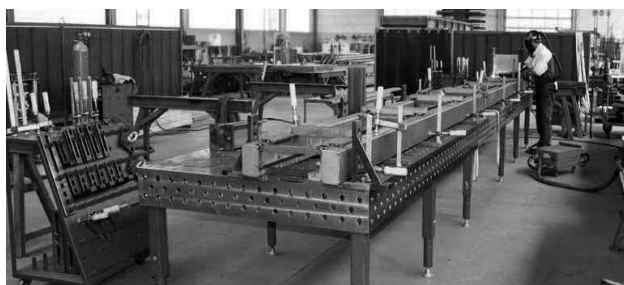


Рис. 14. Сварка вспомогательного оборудования для бурения скважин



Рис. 15. Сварка рамной конструкции для строительства



Рис. 16. Сварка боковой стенки моторного вагона

ющих поверхностей Demmeler и Siegmund с упорной и фиксирующей оснасткой более «дешевых» производителей лишено всякого смысла, т. к. отсутствие точности изготовления упорных и фиксирующих элементов сводит на «нет» всю эффективность системы. Это касается и обратного: применение элементов «дорогих» производителей на «дешевых» позиционирующих поверхностях. Производители Demmeler и Siegmund декларируют точность изготовления своей оснастки по межцентровому расстоянию не более 0,05 мм, при отсутствии «набегания» допусков, а по плоскостности поверхности плит и деталей не более 0,04 мм. Причем, заказчик может заранее оговорить допустимый допуск отклонения по плоскостности позиционера с возможностью получения сертификата промеров параметров.

Таким образом, приобретение систем точного позиционирования, изготовленных с большими допусками по межцентровому расстоянию в позиционирующей плите и элементах, с несоблюдением плоскостности рабочей поверхности и, как следствие, разноплоскостности установленной оснастки лишает весь технологический и экономический смысл такой покупки. На сегодняшний момент разница в цене составляет между оригинальными качественными системами и их «репликами» примерно 15-20 %, но эта разница нивелируется полностью удобством использования, надежностью оснастки и, в конце концов, привлекательным внешним видом, безопасностью и безграничными возможностями применения, которое может быть ограничено только креативностью технического персонала.

Ручные инжекторные газокислородные резаки

В.М. Литвинов, Ю.Н. Лысенко, С.А. Чумак, ООО «НИИПТмаш-Опытный завод» (Краматорск)

В последние десятилетия предложение аппаратуры для газопламенной обработки металлов традиционными производителями резко сократилось или прекратилось совсем. Потребности рынка в этой аппаратуре в значительной мере удовлетворяются краматорскими предприятиями «Донмет» и «НИИПТмаш-Опытный Завод». Учебная и справочная литература в этой области устарела и возникли проблемы в подготовке специалистов как рабочих профессий, так и инженерно-технических работников. В настоящей статье рассмотрены вопросы устройства, принципов действия и технических характеристик ручных инжекторных газокислородных резаков.

1. Классификация и комплектность.

Ручные газокислородные инжекторные резаки различаются по назначению, по мощности (толщине обрабатываемого металла) и по роду используемого горючего газа.

По назначению резаки делятся на ручные общего назначения (Р1А, Р1П, Р2А, Р3П) и ручные специального технологического назначения: резаки для выплавки дефектов на поковках РПКЗ, для резки прибылей литья РЗФЛЦ, для резки крупного лома ТОРН [1].

По мощности (толщине обрабатываемого металла) разделение резаков общего назначения (согласно ГОСТ 5191-79) приведено в табл. 1.

По роду используемого горючего газа газокислородные резаки подразделяются на ацетиленовые Р1А, Р2А и работающие на газах-заменителях ацетилена: пропан-бутане – Р1П, Р3П и природном газе – Р1М, и Р3М.

Марки рассматриваемых в данной статье резаков и их комплектность приведены в табл. 2.

Резаки Р1, Р2 и Р3 отличаются друг от друга

Таблица 1. Классификация резаков по роду используемого горючего газа

Тип резака	Исполнение	Горючий газ	Толщина стали, мм	Полный набор мундштуков
Р1 - малой мощности	А	ацетилен	3-100	0; 1; 2; 3; 4
	М	природный газ		
	П	пропан-бутан		
Р2 - средней мощности	А	ацетилен	3-200	0; 1; 2; 3; 4; 5
Р3 - большой мощности	А	ацетилен	3-300	0; 1; 2; 3; 4; 5; 6
	М	природный газ		
	П	пропан-бутан		

конструкцией наконечника, ствол является унифицированным узлом и используется для комплектации всех этих резаков.

Резаки Р1А и Р1П выпускаются в двух исполнениях:

- под рукава Ду6 (гайки: кислородного штуцера – М12х1,25, для штуцера горючего газа – М12х1,25ЛН);
- под рукава Ду9 (гайки штуцеров: М16х1,5 – под кислородный рукав; М16х1,5ЛН – под рукав горючего газа).

Резаки Р2А, Р3П и Р3М выпускаются под резиноканевые рукава Ду9.

Газокислородные инжекторные резаки в стандартном исполнении предназначены для ручной разделительной резки листового и сортового металлопроката из углеродистых и низколегированных сталей толщиной до:

- 100 мм – Р1А, Р1П, Р1М;
- 200 мм – Р2А;
- 300 мм – Р3П и Р3М.

Удлиненные резаки Р1у, Р2у и Р3у предназначены для разделки металлолома на габаритные куски и резки литниковых систем мелких отливок.

2. Технические характеристики.

Режимы резки, выбираемые для проведения газорезательных работ, зависят от номера внутреннего мундштука. Режимы резки являются составной частью технических характеристик, приведенных в табл. 3, и справедливы для всех упомянутых выше резаков, использующих внутренние мундштуки от № 0 до № 6, при выполнении следующих условий:

- чистота кислорода – не менее 99,5 %;
- расход кислорода обеспечивается при полностью открытых кислородных вентилях;
- поверхность разрезаемой заготовки не имеет пригара и окалины по линии реза.

Таблица 2. Комплектность газокислородных резаков

Марка резака	Номер			
	мундштук внутренний	мундштук наружный	инжектор	смесительная камера
Р1А	0÷4	1А	4	4
Р1П	0÷3	1П	5	5
	4	2П		
Р2А	0÷5	2А	5	6
Р3П	0÷6	2П	7	7
Р3М		2М		

Таблица 3. Технические характеристики резаков

Номер внутреннего мундштука	Разрезаемая толщина, мм	Давление на входе, МПа			Расход, не более, м³/ч				
		кислорода	ацетилена	пропан-бутана, природного газа	кислорода при работе на:		ацетилена	пропан-бутана	природного газа
					ацетилена	пропан-бутане, природном газе			
0	3-8	0,25	0,003-0,12	0,001-0,15	1,9	2,55	0,4	0,3	0,7
1	8-15	0,35			3,2	4,1	0,5	0,4	0,9
2	15-30	0,4			4,7	5,8	0,7	0,5	1,1
3	30-50	0,42			7,6	8,6	0,8	0,5	1,1
4	50-100	0,5			12,4	13,8	0,9	0,6	1,4
5	100-200	0,75	0,01-0,12	0,02-0,15	21,7	23,0	1,3	0,7	1,5
6	200-300	1,0				33,2		0,9	1,9

Режимы резки, выбранные в зависимости от номера внутреннего мундштука из табл. 3, хорошо согласуются с рекомендациями ГОСТ 5191-79.

3. Принцип действия резака.

Принципиальная схема инжекторного резака представлена на рис. 1. Основными расчетными величинами, определяющими мощность резака и род используемого горючего газа, являются диаметры:

- отверстия инжектора, $d_{\text{и}}$;
- отверстия смесительной камеры, $d_{\text{ск}}$;
- отверстия внутреннего мундштука, $d_{\text{кр}}$;
- выходного отверстия наружного мундштука, $D_{\text{вых}}$;
- наружный диаметр концевой части внутреннего мундштука, $d_{\text{вых}}$.

Кислород и горючий газ поступают от источников газопитания через присоединительные ниппели по резиновым рукавам (ГОСТ 9356) в ствол. В стволе кислород разделяется на два потока и поступает к регулировочному вентилю 1 для подачи подогревающего кислорода и, через него, к вентилю 2 подачи режущего кислорода. Горючий газ через регулировочный вентиль 3 поступает в смесительную камеру, минуя инжектор.

При открытии регулировочных вентилях, горючий газ и кислород (через отверстие $d_{\text{и}}$ инжектора) поступают в отверстие $d_{\text{ск}}$ смесительной камеры, где, смешиваясь, образуют горючую смесь. Далее горючая смесь по трубке поступает в головку и по каналу между внутренним ($d_{\text{вых}}$) и наружным ($D_{\text{вых}}$) мундштуками истекает в атмосферу, образуя при зажигании факел.

При открытии вентиля режущего кислорода часть

кислорода по трубке подается в головку и далее в центральный канал $d_{\text{кр}}$ внутреннего мундштука, образуя тем самым струю режущего кислорода.

4. Устройство резака.

Основные узлы ручного резака представлены на рис. 2. Резак состоит из ниппельного соединения, ствола и наконечника.

Назначение и устройство основных узлов представлены ниже в соответствующих разделах.

4.1. Ниппельное соединение.

Узел «Ниппельное соединение» резака унифицирован с аналогичным узлом горелки и рассмотрен в [2].

Ниппельное соединение предназначено для подключения резака к источникам газопитания с помощью резиноканевых рукавов соответствующего типоразмера. Выпускается в двух исполнениях:

- под рукав Дуб;
- под рукав Ду9.

4.2. Ствол резака.

Вентильный блок ствола (рис. 3) предназначен для управления рабочими газами (пуск, регулировка расхода, прекращение подачи). Ствол снабжен также рукояткой для газорезчика и штуцерами для присоединения рукавов, подводящих кислород и горючий газ к резаку. К стволу крепится наконечник резака.

Ствол включает в себя главный корпус 2, в который впаиваются под углом 90° друг к другу корпуса вентилях для подогревающего кислорода 1 (корпус «КП») и горючего газа 3 (корпус «Г»). К корпусу «КП» припаяна трубка 12 для подвода кислорода со штуцерами 8 М16×1,5 или 10 М12×1,25. К шту-

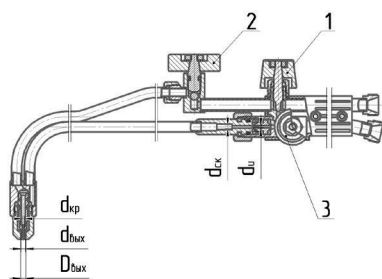


Рис. 1. Принципиальная схема резака

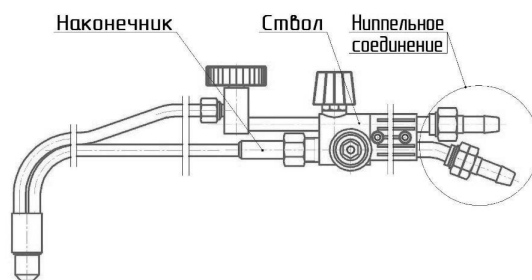


Рис. 2. Основные узлы ручного резака

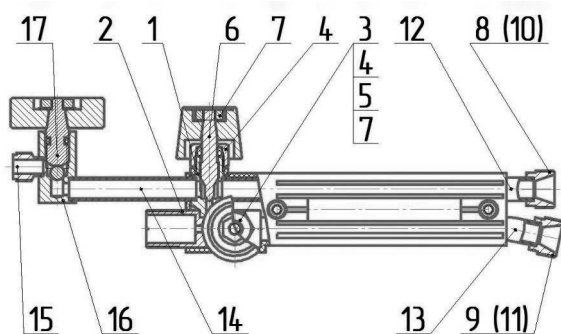


Рис. 3. Ствол инжекторного резака

церу с помощью накидной гайки и ниппеля присоединяются резиноканевые кислородные рукава Ду9 или Ду6. С противоположной стороны к корпусу «КП» припаяна трубка режущего кислорода 14, к которой, в свою очередь, припаян корпус вентиля для режущего кислорода 16 (корпус «КР»). Корпус «КР» на выходе имеет штуцер 15 режущего кислорода, к которому с помощью накидной гайки подсоединяют наконечник.

К главному корпусу 2 припаяна трубка для подвода горючего газа 13 со штуцерами 9 М16×1,5 LH или 11 М12×1,25 LH. К штуцеру с помощью накидной гайки и ниппеля присоединяют резиноканевые рукава горючего газа Ду9 или Ду6.

В корпус «КП» ввернут шпindel 6, а в корпус «ГГ» ввернут шпindel 5. На шпиндели надеты кольца уплотнительные 7 из фторопласта, поджатые сальниковыми гайками 4. На шпиндели надеты барашки, зафиксированные гайками М5.

В корпус «КР» ввернут шпindel 17, в кольцевой проточке которого имеется резиновое уплотнительное кольцо 006 - 010 - 25 ГОСТ 9833. На шпindel надет барашек, который закреплен гайкой М5. Корпус «КР» и барашек имеют упоры, ограничивающие поворот барашка и осевое перемещение шпинделя 17 в пределах заданных величин.

Большинство деталей ствола резака унифицированы с деталями ствола горелки. В конструкции ствола резака имеется вентиль для режущего кислорода и трубка, соединяющая его с вентиляем для подогревающего кислорода, отсутствующие в конструкции ствола горелки, это определяет наличие оригинальных деталей.

Учитывая, что нагрузка (количество открытий-закрытий) на вентиль режущего кислорода значительно превышает нагрузку на др. вентиля, в качестве запорного тела применен шарик Ø 6 мм из нержавеющей стали. При закрытии вентиля «КР» шарик прижимается шпинделем «КР» к седлу корпуса вентиля и прекращает подачу режущего кислорода. При открытии вентиля кислородный поток подымает шарик над седлом и поступает в наконечник резака.

4.3. Наконечник резаков Р1, Р2А и Р3.

Наконечник инжекторного резака предназна-

чен для образования горючей смеси с помощью инжектора и смесительной камеры, транспортировки этой смеси к мундштукам с образованием подогревающего факела и транспортировки режущего кислорода к выходному отверстию внутреннего мундштука с образованием режущей струи.

Наконечник резака (рис. 4) включает в себя головку 1 с мундштуками внутренним 10 и наружным 9. С противоположной стороны от мундштуков к головке припаяны трубки для подвода режущего кислорода 7 с накидной гайкой 3 и для подвода горючей смеси – 8. К противоположной стороне этой трубки припаяна смесительная камера 2 с инжектором 5, упорным кольцом 6 и уплотнительным резиновым кольцом 008-012-25 ГОСТ 9833-73. Наконечник крепится к стволу с помощью накидных гаек 3 и 4.

Конструкция наконечника резаков Р2А и Р3 аналогична наконечнику резака Р1. Увеличение мощности резаков достигается за счет увеличения расчетных размеров инжектора, смесительной камеры, наружного и внутреннего мундштуков, которые, в свою очередь приводят к увеличению конструктивных размеров деталей наконечника.

Наконечники резаков эксплуатируются совместно со стволом и ниппельным соединением. В зависимости от условий работы наконечник производится в двух исполнениях: стандартном и удлиненном. Поскольку удлиненные резаки используются, в основном, на промышленных предприятиях, где предусмотрены магистральные трубопроводы для подвода природного газа к рабочим местам, они выпускаются для работы на природном газе (Р1Му и Р3Му).

Сменными деталями наконечника являются мундштуки наружный 9 и внутренний 10 (рис. 4), которые выбираются при переходе от одного режима работы к другому. Эти детали при эксплуатации изнашиваются быстрее других. Чертеж наружного мундштука резака Р1 представлен на рис. 5, чертеж внутреннего мундштука резака Р1 – на рис. 6.

Чертеж наружного мундштука резаков Р2А и Р3 представлен на рис. 7, чертеж внутреннего мундштука резаков Р2А и Р3 – на рис. 8.

На предприятиях и в частном секторе Украины,

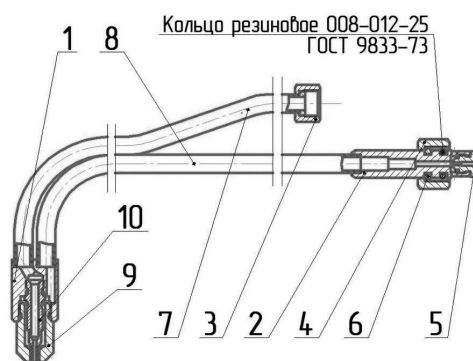
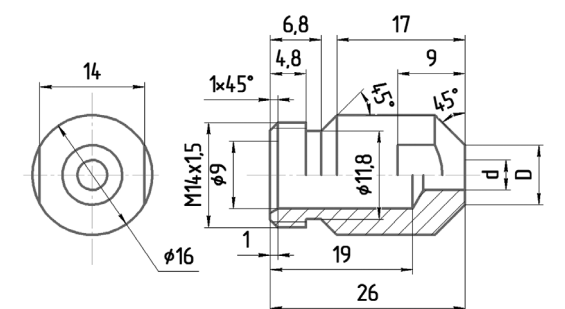
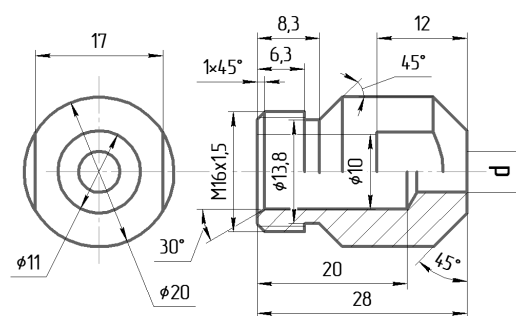


Рис. 4. Наконечник резаков Р1, Р2А и Р3



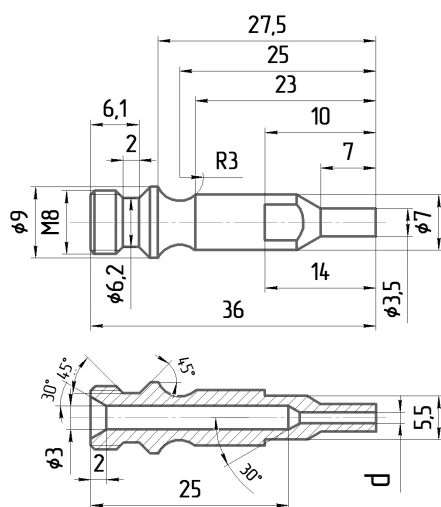
Род газа (№ мундштука)	D	d
Ацетилен (1А)	8	4
Пропан-бутан (1П)	10	4,4

Рис. 5. Наружный мундштук резака Р1



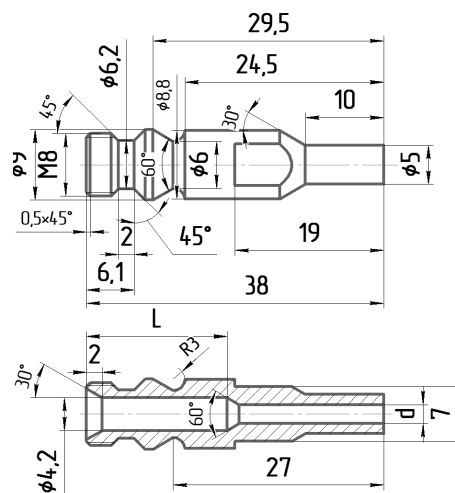
Марка резака	Род газа (№ мундштука)	d, мм	Кол-во
Р2А	Ацетилен (2А)	5,5	1
Р3П	Пропан (2П)	6,2	1
Р3М	Природный газ (2М)	6,3	1

Рис. 7. Наружный мундштук резаков Р2А и Р3



Номер мундштука	0	1	2	3	4
d, мм	1,0	1,3	1,4	1,7	2,0

Рис. 6. Внутренний мундштук резака Р1



№ мундштука	0	1	2	3	4	5	6
L	25			19			
d	1,0	1,2	1,4	1,7	2,4	2,7	3,0
Кол-во	1	1	1	1	1	1	1

Рис. 8. Внутренний мундштук резаков Р2А и Р3

РФ и др. стран широко используются газокислородные резаки «Донмет-142», «Донмет-300», «Донмет-337» и жидкотопливные резаки «Вогник 181», «Вогник 182». Конструкция и принцип действия этих резаков аналогична резакам, представленным в данной статье и в [3].

Данная статья завершает серию публикаций, рассматривающих вопросы устройства, принципа действия и технических характеристик ручных жидкотопливных резаков и газокислородных горелок, резаков (газопламенной аппаратуры). В последующих публикациях планируется рассмотреть вопросы эксплуатации, обслуживания, ремонта и испытаний газопламенной аппаратуры.

Литература

1. Литвинов В.М., Лысенко Ю.Н. Кислородная резка и внепечной нагрев в тяжелом машиностроении. – К.: НТК «ИЭС им. Е.О. Патона» НАНУ, 2017.
2. Литвинов В.М., Лысенко Ю.Н., Чумак С.А. Ручные газокислородные инжекторные горелки для сварки, пайки и нагрева. // Сварщик в России. – 2018. – № 6. – С. 37-39.
3. Литвинов В.М., Лысенко Ю.Н., Чумак С.А. Керосинорезы «ЛУЧ» и «ЛУЧ-1». // Сварщик в России. – 2018. – № 4. – С. 20-22.

●# 1143

Визуальный контроль сварных соединений. Подходы к разработке методики контроля. Наиболее частые практические ошибки

В. Хатько, УП «Белгазпромдиагностика» (Минск, Республика Беларусь)

В данной статье изложена методика выполнения визуального контроля, а также возникающие при разработке методик проблемы и ошибки, т. к. ни один стандарт не устанавливает унифицированных подходов. Инженеры компании УП «Белгазпромдиагностика» имеют большой опыт как непосредственного проведения визуального контроля, так и подготовки специалистов для сертификации персонала в области неразрушающего контроля. Предлагаемая методика значительно унифицирует практическое применение благодаря рассмотрению порядка проведения визуального контроля в виде алгоритма и поможет избежать многих типичных ошибок.

1. Определение основных параметров.

Выполнение любого вида неразрушающего контроля, в целом, а визуального контроля сварных соединений, в частности, необходимо начинать с установления порядка проведения контроля – методики проведения.

К разработке методики визуального контроля следует приступать с изучения технорегулятивных правовых актов (ТНПА или НПА) на метод контроля и на объект контроля, конструкторской документации (КД) на изделие по части сварки, термообработки и контроля качества сварки. Целью изучения ТНПА (НПА) и КД является установление основных требований и параметров контролируемого изделия, таких как:

- вид сварки;
- тип сварного соединения с параметрами и размерами конструктивных элементов;
- пространственное положение сварного шва;
- материал сварного соединения (углеродистая, конструкционная, легированная сталь и т. д.);
- значения геометрических параметров шва (ширина, высота и катет шва);
- уровень качества сварного соединения;
- требуемая чувствительность контроля;
- браковочные уровни для каждого дефекта.

Основные ошибки на данном этапе:

- отсутствие или неточность значений основных параметров из-за отсутствия доступа к ТНПА (НПА) и КД;
- отсутствие у специалиста понимания, какую норму на дефект необходимо использовать и где ее взять.

2. Выбор инструмента.

В соответствии с пределами допусков на размеры дефектов (измеряемой величиной) необходимо выбрать измерительный инструмент с соответствующей основной абсолютной погрешностью измерения.

Основные ошибки на данном этапе:

- не учитываются геометрические размеры объекта контроля;
- выбранный инструмент не обеспечивает измерения всех параметров и требуемой точности.

3. Разработка технологической карты.

Для качественного проведения контроля необходимо разработать технологическую карту (инструкцию) проведения контроля конкретного изделия.

Основные ошибки на данном этапе:

- разработка без учета конструктивных особенностей контролируемого изделия;
- отсутствие четко обозначенных конкретных требований ТНПА (НПА), наличие только ссылок на нормативную документацию (должны быть указаны приведенные нормы ТНПА (НПА)).

4. Подготовка сварного соединения к проведению контроля.

Сварные соединения должны предъявляться к контролю очищенными (механически или вручную) от шлака, брызг металла, окалина, продуктов коррозии и др. загрязнений с поверхности шва и околошовной зоны для обеспечения выявляемости всех дефектов.

Требования к зачистке сварного шва для проведения визуального контроля:

- зачистка должна осуществляться по всей длине сварного шва и прилегающего к нему с обеих сторон основного металла не менее, чем на 20 мм.
- шероховатость зачищенной поверхности должна быть не хуже $R_a \leq 12,5 \text{ мкм}$ ($R_z \leq 80 \text{ мкм}$).
- фактическая толщина стенки сваренных деталей после зачистки должна оставаться в допуске.
- не допускается появление на контролируемой поверхности цветов побежалости, прижогов, неровностей, рисок, вмятин, забоин и пр.
- качество обработки поверхности должно обеспечивать плавный переход от сварного шва к основному металлу без подрезов.

Основные ошибки на данном этапе:

- зачистке подвергают только сварной шов, забы-

- вая об основном металле;
- используют грубый абразив, что приводит к появлению неровностей, рисок, цветов побежалости, утонения основного металла;
- производят шлифовку (полировку) до зеркального блеска, что может создавать трудности при контроле.

5. Условия проведения визуального контроля.

Должны быть обеспечены следующие условия контроля:

- контролируемая поверхность должна быть доступна для проведения контроля;
- освещенность контролируемой поверхности должна составлять не менее 350 лк, а для надежного выявления дефектов 500 лк.

Для достижения хорошего контраста и отчетливой различимости дефектов и фона при необходимости должен быть использован дополнительный источник освещения (лампа или фонарь).

При применении дополнительного освещения для достижения максимальной эффективности контроля следует рассматривать необходимость:

- а) использования оптимального направления света по отношению к рассматриваемой точке;
- б) устранения ослепляющего блеска;
- в) оптимизации цветовой температуры источника света;
- г) использование уровня освещения, совместимого с отражательной способностью поверхности.

- расстояние до контролируемой поверхности должно быть не более 600 мм, наилучшее расстояние для контроля – 250 мм.
 - контролируемая поверхность должна рассматриваться под углом не менее 30°. При невозможности обеспечить минимальный угол осмотра, необходимо применять поворотные зеркала.
- Основные ошибки на данном этапе:
- несоблюдение параметров контраста, освещенности, расстояния и угла контроля;
 - несоответствие применяемых приборов и приспособлений требуемой чувствительности и/или уровню браковки;
 - несоблюдение последовательности проведения визуального контроля (сначала обзорный контроль, быстрый осмотр или мгновенная оцен-

ка с подходящей дистанции и освещенностью поверхности, для установления контролепригодности объекта и необходимости детального (местного) контроля, а затем локального (местного) контроля, детального исследования мест возможного нахождения дефектов с расстояния не более 600 мм и угле осмотра не менее 30°, при освещенности поверхности не менее 500 лк).

6. Порядок проведения визуального контроля.

Алгоритм и объем контроля зависит от этапа сварочного производства, на котором осуществляется визуальный контроль: входной контроль, контроль подготовки элементов под сборку, сборки элементов под сварку, в процессе сварки, изготовленного изделия, контроль в процессе эксплуатации.

Рассмотрим алгоритм проведения визуального контроля на конкретном примере: визуальный контроль стыкового сварного соединения пластин заданного типа, выполненного определенным видом сварки, с заданной толщиной свариваемых элементов при известной марке основного материала (рис. 1).

1) *Область проведения контроля.* Контроль подготовки сварного соединения к проведению визуального контроля.

Областью контроля является сварное соединение по всей длине и прилегающий к нему с обеих сторон основной металл на расстоянии не менее 20 мм. Зона контроля должна быть очищена от шлака, брызг металла до чистого металла с шероховатостью поверхности не хуже $R_a \leq 12,5$ мкм ($R_z \leq 80$ мкм).

Для стыковых соединений пластин проводят контроль лицевой и корневой стороны сварного соединения. Определяем начало и направления осмотра (рис. 2).

Основные ошибки на данном этапе:

- не учитываются требования ТНПА (НПА) и КД для разных типов сварки (область контроля сварных соединений может быть различна, например, для электрошлаковой сварки область контроля основного металла составляет не менее 50 мм, а в железнодорожном секторе не менее 100 мм с обеих сторон сварного шва);
- не контролируется соответствие уровня подготовки поверхности металла установленным требованиям.

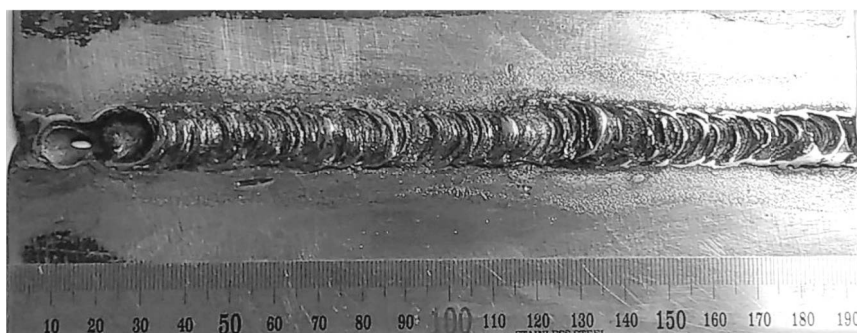


Рис. 1. Стыковое сварное соединение

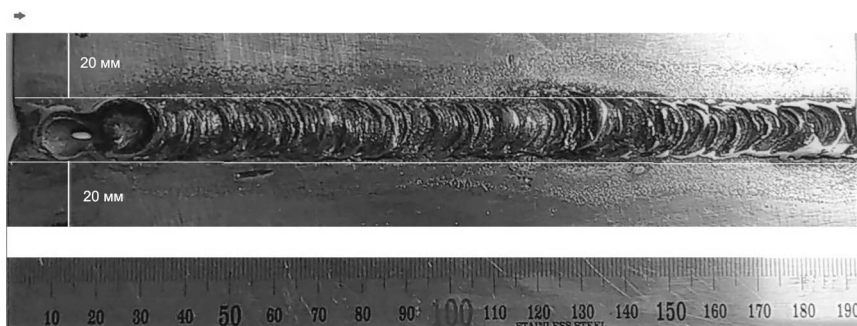


Рис. 2. Область контроля

2) Контроль формы шва.

Поверхность шва должна быть мелкочешуйчатая, без наплывов, сужений, перерывов, незавершенных кратеров и иметь плавный переход к основному металлу.

При контроле формы шва проверяем на соответствие требованиям:

- качество поверхности шва;
- равномерность высоты и ширины шва по всей его длине;
- плавность перехода к основному металлу (рис. 3).

Рассматривая данный шов, опишем его форму: поверхность шва мелкочешуйчатая, имеется прожог, наплыв, сужение, с плавным переходом к основному металлу.

Основные ошибки на данном этапе:

- при описании формы шва большое влияние оказывает субъективный фактор на определение плавности перехода к основному металлу (неправильный профиль сварного шва – угол α между поверхностью основного материала и плоскостью, касательной к поверхности сварно-

го шва, менее установленного значения);

- при определении равномерности по высоте и ширине не устанавливаются пределы возможных отклонений.

3) Контроль геометрических размеров шва. Измерение и сравнение с нормой.

Геометрические размеры шва определяются стандартами на вид сварки и тип сварного соединения (для рассматриваемого примера: e – ширина шва, g – высота шва), параметры сварного шва зависят от толщины свариваемых деталей.

Геометрические размеры шва измеряем в местах наибольших отклонений, выявленных на предыдущем этапе: ширину шва $e_{\max}$ и $e_{\min}$, высоту шва (превышение шва) $g_{\max}$ и $g_{\min}$, сравниваем с установленной нормой и делаем вывод о соответствии или несоответствии по каждому параметру сварного шва (рис. 4).

4) Выявление, классификация, измерение размеров поверхностных дефектов. Сравнение с нормой.

Контроль осуществляется от начала осмотра в определенном направлении. Выявляем поверхностные дефекты, классифицируем их согласно стан-

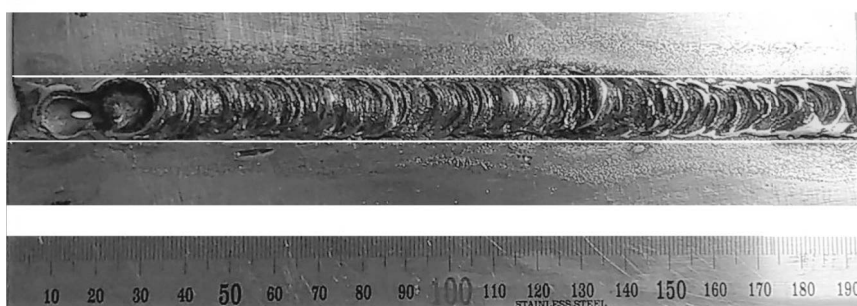


Рис. 3. Форма шва

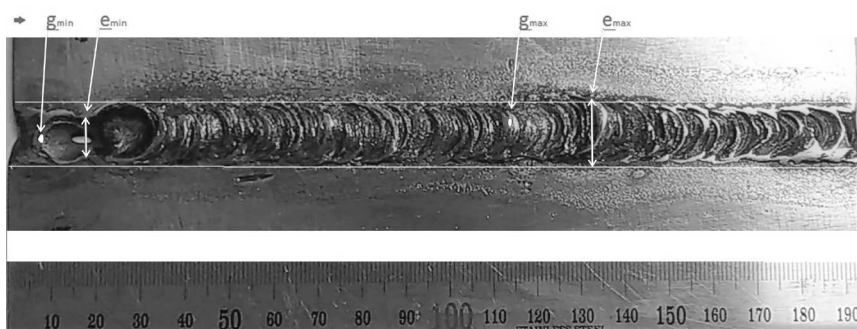


Рис. 4. Геометрические размеры шва в местах наибольших отклонений

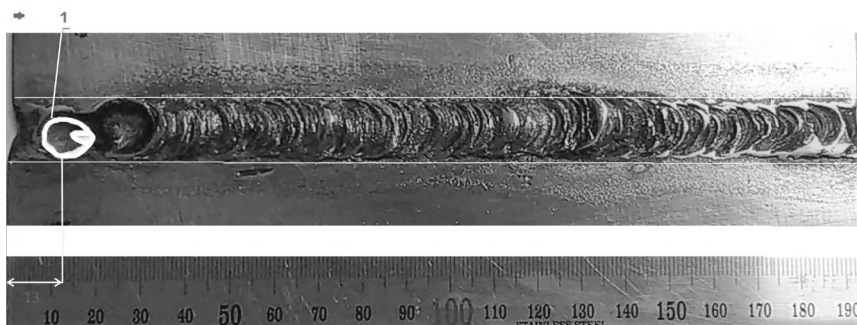


Рис. 5. Дефект № 1. Прожог

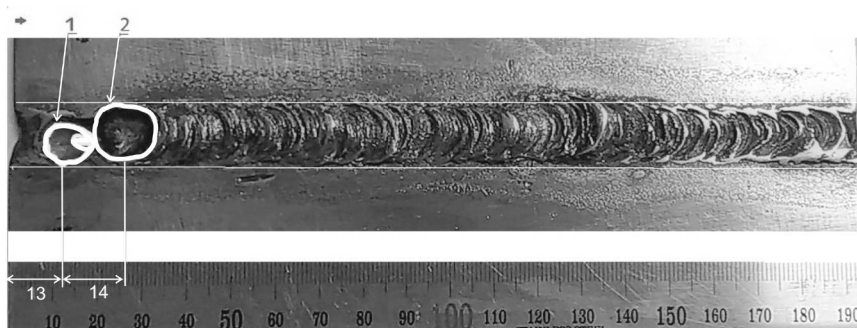


Рис. 6. Дефект № 2. Усадочная раковина

дарту, измеряем их размеры, сравниваем с установленной нормой и делаем вывод о соответствии или несоответствии по каждому выявленному дефекту.

Измеряем координаты расположения дефектов от начала осмотра данные по нормативной базе даны согласно Национальным стандартам Беларуси. Применительно к России и Украине это будет соответственно ГОСТ И ДСТУ).

Дефект № 1, ПРОЖОГ-510 (СТБ ISO 6520-1) – вытекание металла из сварочной ванны, в результате которого образуется сквозное отверстие в сварном шве (рис. 5).

Недопустимый дефект.

Координата дефекта L1 = 13 мм.

Дефект № 2, УСАДОЧНАЯ РАКОВИНА (кратер)-202 (СТБ ISO 6520-1) – полость, образующаяся вследствие усадки во время затвердевания металла шва. Как правило, недопустимый дефект, однако есть ТНПА, где установлены браковочные нормы на данный дефект (например, по СТБ ISO 5817 на уровень качества «С» и «D», размер дефекта нормируется по глубине от уровня основного металла) (рис. 6).

Координата дефекта L2 = 27 мм.

Дефект № 3, ПРЕРЫВИСТЫЙ ПОДРЕЗ-5012 (СТБ ISO 6520-1) – цепочка коротких подрезов вдоль сварного шва (рис. 7).

ПОДРЕЗ-501 – углубление по линии сплавления сварного шва с основным металлом, образовавшимся при сварке.

На данный дефект есть браковочные нормы в ТНПА (например, по СТБ ISO 5817 для уровней качества «В», «С» и «D», размер дефекта нормиру-

ется по глубине от уровня основного металла и зависит от толщины свариваемых элементов).

Координата дефекта L3 = 37 мм.

Основная ошибка – неправильная классификация дефекта. Его часто путают с такими дефектами как:

- незаполненная разделка;
- несплавление кромки 511 (СТБ ISO 6520-1).

Дефект № 4, СЛЕД ОТРУБКИ (забойна)-605 (СТБ ISO 6520-1) – местное повреждение в результате применения зубила или др. инструментов (рис. 8).

Недопустимый дефект.

Координата дефекта L4 = 55 мм.

Основная ошибка – неправильная классификация дефекта. Его часто путают с такими дефектами как:

- поверхностные задиры (603) – повреждения поверхности, вызванные удалением путем отрыва временно приваренного приспособления;
- след шлифовки (604) – местное повреждение от инструмента в результате шлифования.

Дефект № 5, БРЫЗГИ МЕТАЛЛА-602 (СТБ ISO 6520-1) – капли наплавленного или присадочного металла, образовавшиеся во время сварки и прилипшие к поверхности затвердевшего металла сварного шва или околошовной зоны основного материала (рис. 9).

Недопустимый дефект.

Координата дефекта L5 = 143 мм.

Дефект № 6, ВОЗОБНОВЛЕНИЕ в верхнем слое-5171 (СТБ ISO 6520-1) – местная неровность поверхности в месте возобновления сварки (рис. 10).

Недопустимый дефект.

Координата дефекта L6 = 148 мм.

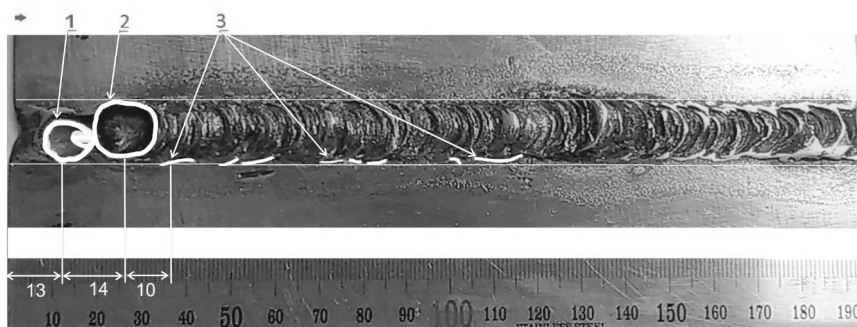


Рис. 7. Дефект № 3. Прерывистый подрез

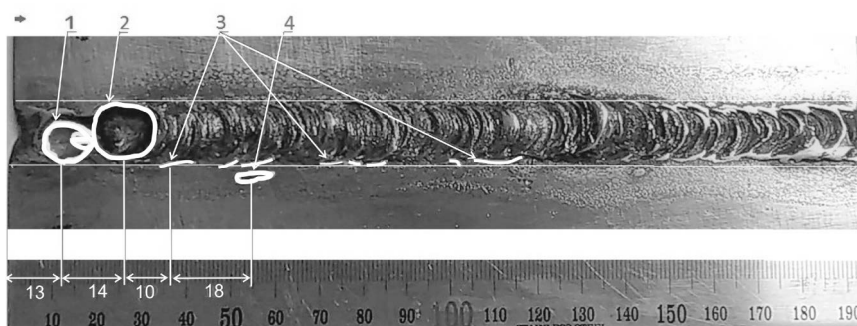


Рис. 8. Дефект № 4. След отрубки

Дефект № 7, НАПЛИВ на кромке лицевой поверхности шва-5061 (СТБ ISO 6520-1) – избыток наплавленного металла сварного шва, натекавший на поверхность основного материала, но не сплавленный с ним (рис. 11).

Как правило, недопустимый дефект, однако есть стандарты с нормой на данный дефект (например, по СТБ ISO 5817 на уровень качества «D», размер дефекта нормируется по величине натекания на основной металл).

Координата дефекта L7 = 179 мм.

5) *Выявление линейного и/или углового смещения, измерение параметра, сравнение с нормой.*

Детали, подготовленные под сварку, должны быть правильно собраны по отношению друг к другу в соответствии с конструкторской документацией (чертежом). Ошибки сборки приводят к линейным или угловым смещениям. В процессе сварки при остывании, металл уплотняется и в шве возникают внутренние напряжения:

- продольные приводят к короблению в продольном направлении;

- поперечные приводят к угловым деформациям.

Линейное смещение – 507 (СТБ ISO 6520-1) – смещение между двумя свариваемыми элементами, при котором их поверхности располагаются параллельно друг другу, но не на требуемом уровне.

На данный дефект есть нормы в стандартах.

Дефект № 8, УГЛОВОЕ СМЕЩЕНИЕ-508 (СТБ ISO 6520-1) – смещение между двумя свариваемыми элементами, при котором их поверхности располагаются друг относительно друга под углом, отличающимся от требуемого.

Как правило, недопустимый дефект, однако есть стандарты с нормой на данный дефект, измеряемый на расстоянии 200 мм от шва.

Если деталь менее 200 мм, то параметр пересчитывают по формуле:

$$h = (200 \cdot h_1) / L_1 = (200 \cdot 2) / 117 = 3,4 \text{ мм (рис. 12)}.$$

Основная ошибка: неправильно классифицируются дефекты и определяется допустимая норма на параметры дефекта (некоторые дефекты нормируются по нескольким параметрам), с недостаточной точностью измеряются параметры дефектов.

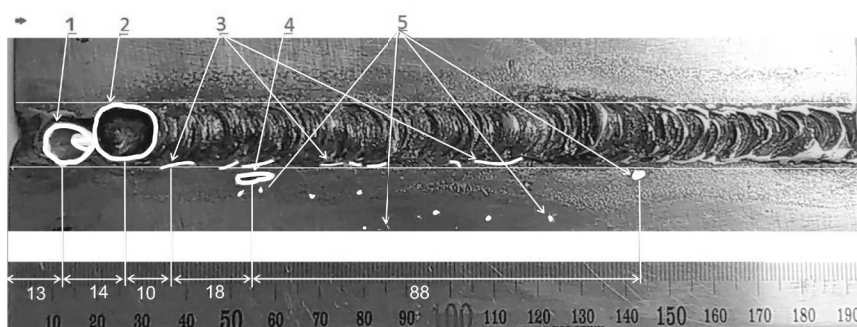


Рис. 9. Дефект № 5. Брызги металла

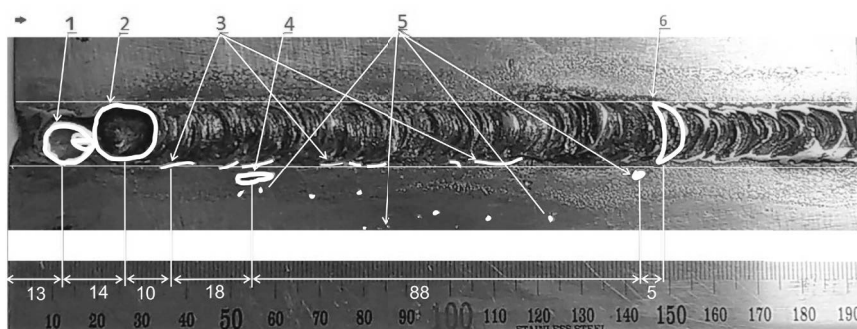


Рис. 10. Дефект №6. Возобновление

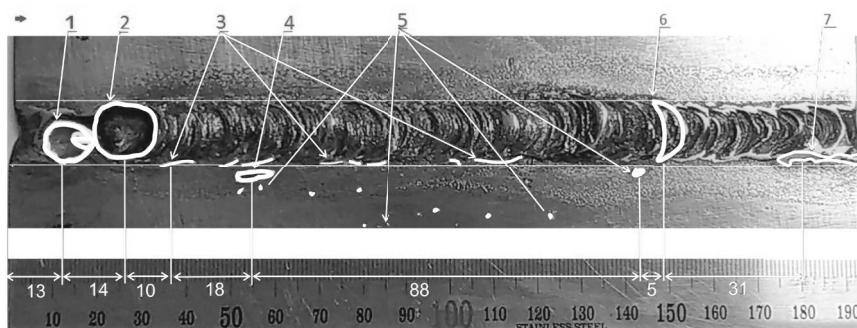


Рис. 11. Дефект № 7. Наплыв

7. Заключение по результатам визуального контроля.

Результаты проведения визуального контроля должны фиксироваться в рабочем блокноте специалиста.

После проведения контроля и анализа его результатов делается заключение о соответствии качества сварного соединения требованиям ТНПА.

Сварное соединение должно оцениваться отдельно по каждому виду дефектов, в соответствии с установленным уровнем качества и признаваться соответствующим или не соответствующим (если хотя бы один из параметров сварного шва не соответствует установленным требованиям) уровню качества.

Уровень качества необходимый в каждом отдельном случае, должен быть определен до начала производства и указан в конструкторской и технологической документации.

На сегодняшний день существует два подхода к заданию уровня качества сварных соединений:

- уровень качества «Высокий», «Средний» и «Низкий» задается в Государственном стандарте Республики Беларусь (СТБ), в зависимости от дефектов;
- уровень качества (требования к сварному шву) задается в технических кодексах установившейся практики (ТКП), строительных нормах

и правилах (СНиП), в зависимости от того, что это за изделие (сварное соединение), где и как оно будет эксплуатироваться.

8. Оформление результатов визуального контроля.

Факт и результаты проведения контроля должны фиксироваться в Журнале регистрации работ по визуальному контролю. Если есть требования в используемом стандарте или контракте, то должен быть составлен письменный отчет (протокол визуального контроля).

ТНПА не предусматривают единую форму протокола контроля, но четко определяют какая информация должна быть приведена:

1. Завод-изготовитель, наименование элементов сварной конструкции.
2. Лаборатория, выполняющая испытания (наименование и реквизиты аккредитации).
3. Обозначение и наименование сварной конструкции (узла, сварного шва).
4. Материал контролируемого изделия.
5. Толщина свариваемого материала контролируемого изделия.
6. Способ сварки (ручная дуговая сварка, сварка в защитных газах, сварка под флюсом и т. д.).
7. Средства измерений, используемые при контроле.
8. Объем контроля со ссылкой на соответствующую



Рис. 12. Дефект № 8. Угловое смещение свариваемых элементов

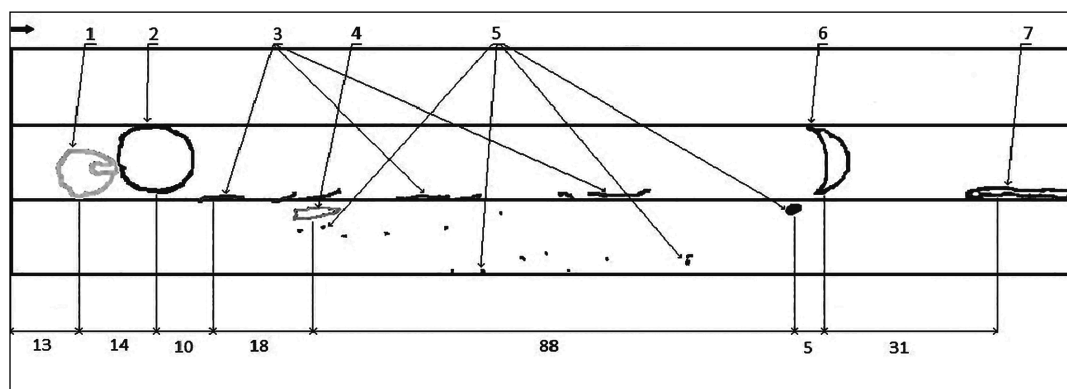


Рис. 13. Дефектограмма сварного соединения

Таблица 1. Оформление результатов визуального контроля

№ дефек.	Цифровое обозначение	Наименование дефекта	Нормы оценки качества	Размеры дефектов	Заключение (допускается/недопускается)
	По классификатору СТБ				
1	510	Прожог	Берем норму из стандарта	Сквозная дыра Ø 6 мм	Не допускается
2	202	Усадочная раковина	Берем норму из стандарта	Диаметр 12 мм; глубина 3 мм	Сравниваем с нормой, делаем вывод
3	5012	Прерывистый подрез	Берем норму из стандарта	Глубина 1 мм	Сравниваем с нормой, делаем вывод
4	605	След отрубки	Берем норму из стандарта	Длина 10 мм; глубина 2 мм	Сравниваем с нормой, делаем вывод
5	602	Брызги металла	Берем норму из стандарта	–	Не допускается
6	517	Возобновление	Берем норму из стандарта	–	Не допускается
7	5061	Наплыв	Берем норму из стандарта	Наплыв 3 мм	Сравниваем с нормой, делаем вывод
8	513	Неравномерная ширина шва	Берем норму из стандарта на данный вид сварного шва	$e_{\max} = \dots$ мм $e_{\min} = \dots$ мм	Сравниваем с нормой, делаем вывод
9	502	Превышение выпуклости стыкового шва	Берем норму из стандарта на данный вид сварного шва	$g_{\max} = \dots$ мм $g_{\min} = \dots$ мм	Сравниваем с нормой, делаем вывод
10	508	Угловое смещение	Берем норму из стандарта	Угловое смещение	Сравниваем с нормой, делаем вывод

щую конструкторскую документацию.

9. Критерии приемки на дефекты и геометрические размеры сварного шва.

10. Результаты контроля со ссылкой на критерии приемки.

11. Фамилия, имя, отчество лица, проводившего контроль, дата проведения контроля.

При документированном протоколе визуального контроля проверенного сварного шва должны быть сделаны фотоснимки и (или) точные эскизы (дефектограмма) с четко различимыми дефектами и координатами их расположения (рис. 13).

При использовании фотофиксации для документирования результатов визуального контроля необходимо подтверждение пригодности системы

косвенного контроля (используемой фотокамеры, расстояния и параметров фотосъемки) для отображения всех дефектов в изделии.

Все выявленные дефекты, в соответствии с их номерами заносятся в таблицу, классифицируются, указывается их норма, измеренный размер и делается вывод по каждому дефекту – «соответствует» или «не соответствует» (табл. 1).

Проконтролированное и признанное годным сварное соединение при необходимости должно быть промаркировано или обозначено.

● # 1144



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 337 или e-mail: demuv@ukr.net, позвонить по тел. +38(044) 205 26 07, м. (050) 331 56 65. На Ваши вопросы ответит кандидат технических наук, Международный инженер-сварщик (IWE) Юрий Владимирович ДЕМЧЕНКО.

Расскажите, пожалуйста, о методах течеискания и приборах для этой цели.

Красногоров В.А., г. Днепр

Для выявления, локализации и количественной оценки величины течи используются специальные приборы – течеискатели. Работа течеискателей основана на различных физических принципах, ориентированных как на прямые, так и на косвенные измерения параметров.

Течь – негерметичность, способность преграды, чаще всего ограничивающей замкнутый объем, пропускать наружу (в случае повышенного давления внутри полости) или внутрь (в случае пониженного давления или вакуума) нежелательные газообразные или жидкие вещества.

Установление местоположения течей производят с использованием методов, реализующих локальную схему контроля (табл. 1).

Сегодня широкое распространение получили гелиевые, галогенные и акустические приборы.

- **Гелиевые течеискатели.** В них используется так называемый масс-спектрометрический метод, который основан на создании повышенного парциального давления пробного вещества (газа, как правило это гелий или гелиево-воздушная смесь) в смеси веществ с одной стороны поверхности объекта контроля и отбора, проникающего через

течи пробного вещества с другой стороны, для масс-спектрометрического анализа на присутствие молекул пробного газа. Анализ осуществляется путем ионизации пробного вещества с последующим разделением ионов по отношению их массы к заряду под действием электрического и магнитного полей. Благодаря серийному выпуску масс-спектрометрических гелиевых течеискателей метод нашел широкое применение в практике промышленных испытаний. Метод позволяет помимо качественной оценки провести количественные измерения газового потока через течь с точностью до 10 %. Вместе с тем этот метод технически сложен, требует вакуума и по возможности его заменяют более простыми методами. Прибор состоит из трех основных частей: масс-спектрометрической камеры с магнитом, вакуумной системы и электрических блоков питания и измерения. Своей вакуумной частью он может присоединяться к самому объекту или к шупу в зависимости от выбранной схемы контроля.

- **Галогенные течеискатели.** Используется галогенный метод течеискания, основанный на свойстве нагретой поверхности чувствительного элемента, изготовленного из платины или никеля, резко увеличивать эмиссию положительных ионов при наличии в пробном газе, проникающем через сквозные дефекты контролируемого объекта, галогенов или галогеносодержащих веществ. Обычно в каче-

Таблица 1. Методы течеискания.

Методы течеискания	Пробное вещество	Индикация течи	Максимальная чувствительность, Вт
Масс-спектрометрический (гелиевый)	Гелий, гелиево-воздушная смесь	Увеличение показаний гелиевого течеискателя	10^{-14}
Галогенный	Хладоно (фреон)-воздушные смеси	Увеличение показаний галогенного течеискателя	$1,3 \times 10^{-8}$
Пузырьковый	Воздух, азот, вакуум	Пузырьки при давлении 0,2 ⁻¹ МПа	$6,6 \times 10^{-6} - 2,6 \times 10^{-9}$
Химический	Аммиачно-воздушные смеси, углекислый газ	Пятна на проявителе, индикаторной ленте, меловой массе	$1,3 \times 10^{-7} - 1,3 \times 10^{-8}$
Манометрический	Вода или технологическая жидкость	Течь, видимая невооруженным глазом, падение манометрического давления	$1,3 \times 10^{-3}$
Люминесцентно-гидравлический	Вода и люминофор	Течь и свечение в лучах УФС	$6,6 \times 10^{-9}$
Гидравлический с люминесцентным покрытием	Вода	Свечение в лучах УФС	$6,6 \times 10^{-8}$
Акустический	Воздух, азот, вакуум	Увеличение звукового сигнала течеискателя	$6,6 \times 10^{-6}$

стве пробного газа используют галогеносодержащие вещества: фреон (содержащий фтор), хладон, хлористый метил и др. Работа изделия осуществляется следующим образом: через чувствительнейший элемент течеискателя, выполняющий функции анода, прогоняет с помощью центробежного или вакуумного насоса анализируемый газ. Анод, нагретый до 800-900 °С, испускает ионы содержащихся в нем примесей щелочных металлов (натрия, калия). Под действием разности потенциалов между анодом и коллектором ионы движутся к коллектору. Ток анод – коллектор является измеряемой величиной в приборе.

Галогены способствуют процессу ионизации щелочных металлов и их присутствие в пробном газе резко увеличивает ток анод-коллектор. Технология контроля данным методом значительно проще, чем масс-спектрометрическим. Это сравнительно несложный и легкий прибор. Вместе с тем при проведении контроля в помещении необходима его тщательная вентиляция из-за возникновения повышенного фона, снижающего точность измерений. Недостатком метода является также возможность потери чувствительности – «отравления» анода течеискателя при попадании на него большого количества галогенов. Восстановление «отравленного» анода осуществляется прокачкой через течеискатель большого объема чистого воздуха при повышенном накале анода.

- *Катарометрический метод* течеискания основан на регистрации разницы в теплопроводности газа, вытекающего через сквозные отверстия контролируемого объекта. Работающие на этом принципе течеискатели обладают высокой чувствительностью и минимальными размерами.

Основным элементом прибора является сенсор, мгновенно определяющий изменение теплопроводности газа. При включении он автоматически калибруется по воздуху. Важным отличием изделия является его искробезопасное электрическое исполнение в соответствии с международным стандартом и возможность применения во взрывоопасных помещениях и средах.

- *Акустические течеискатели.* Они основаны на методе индикации акустических колебаний, возбуждаемых в контролируемом объекте, грунте или окружающей газовой среде (воздухе) при вытекании пробного газа или жидкости через сквозные дефекты. Молекулы пробного вещества взаимодействуют со стенками сквозных дефектов объекта и генерируют в нем колебания звукового и ультразвукового диапазонов. Эти колебания фиксируются с помощью устанавливаемого на поверхности объекта ультразвукового или виброакустического датчика течеискателя, преобразовывающего ультразвуковые колебания в электрические сигналы, передаваемые далее на показывающие и записывающие устройства течеискателя.

В настоящее время акустические методы течеискания занимают важнейшее место в контроле герметичности трубопроводов. Наиболее совершенными являются *корреляционные течеискатели*, датчики которых устанавливают на концах контролируемого участка трубы. Акустические колебания, возникающие при истечении технологической среды и регистрируемые датчиками, усиливаются и по кабелю или радиоканалу передаются на программируемый процессор, где вычисляется их взаимная корреляционная функция. Положение пика корреляционной функции, визуализируемой на экране течеискателя, определяет местоположение течи. Для контроля герметичности емкостного технологического оборудования в качестве течеискателей могут использоваться комплекты акустико-эмиссионной аппаратуры, позволяющие путем планарной локализации определять координаты течей.

Генерация вибраций грунта или акустических колебаний окружающей газовой среды при протечке газа или жидкости через течи обусловлена превращением кинетической энергии струи в энергию упругих колебаний. Частотный спектр этих колебаний широк: от десятков герц до сотен килогерц. Он зависит от вида и размеров течи, параметров протекающего через нее вещества (плотности, температуры, давления и др.).

Принцип действия таких приборов основан на преобразовании вибрации грунта или колебаний газовой среды (воздуха) в электрические сигналы, частотной и амплитудной селекции этих сигналов. Непосредственного контакта датчика с объектом при этом не требуется.

Выпускаются также универсальные приборы, имеющие сменные насадки и позволяющие контролировать колебания объекта как контактным методом, так и дистанционно. К ним относятся, например, ультразвуковые локаторы, предназначенные для определения мест присосов и утечек газовых и жидкостных сред, дефектоскопии подшипников, мест искрения и коронных разрядов в электрооборудовании.

Все современные модели являются компактными переносными приборами, питаемыми от встроенных аккумуляторов. Мощность фиксируемых колебаний растет с увеличением давления и размера течи и уменьшением расстояния до нее. Чувствительность контроля может быть существенно повышена, если дефектную зону объекта смочить жидкостью, например, водой. Вытекающий через течи газ образует пузырьки, при разрушении которых образуются мощные акустические импульсы.

Контроль акустическим методом не требует применения специальных пробных веществ и высокой квалификации исполнителей. Недостатком метода является относительно низкая чувствительность и влияние посторонних шумов различного происхождения.

● # 1145

Календарь выставок на 2019 г.
Россия

Дата	Место проведения	Название выставки	Тематика	Организатор, контакты
04.03-06.03	Москва, ЦВК «Экспоцентр»	VI Международный промышленный форум	Неразрушающий контроль, испытания, диагностика	www.expo.ronktd.ru
12.03-14.03	Санкт-Петербург, Конгрессно-выставочный центр ЭКСПОФОРУМ	Петербургская техническая ярмарка (ПТЯ)	Металлургия. Литейное дело, металлообработка, Машиностроение	ГП «РЕСТЕК» www.ptfair.ru
14.03-16.03	Калининград, ВЦ «Балтик-Экспо»	Энергоресурсы. Промоборудование - 2019	Международная специализированная выставка	www.balticfair.com
19.03-22.03	Екатеринбург, МВЦ «Екатеринбург-Экспо»	Металлообработка. Сварка - Урал 2019	19-я специализированная выставка современных технологий, оборудования, материалов для сварочного производства	ВО «Пермская ярмарка» www.expometperm.ru
20.03-22.03	Омск, Машиностроение 2019	Сибирский промышленно-инновационный форум ПРОМТЕХЭКСПО	19-я специализированная промышленная выставка	www.intersib.ru
26.03-28.03	Новосибирск, МВК «Новосибирск Экспоцентр»	Mashex Siberia - 2019	Выставка оборудования для металлообработки и сварки	Компания «ITE Сибирь» www.mashex-siberia.ru
27.03-29.03	Улан-Удэ, ФСК	ТехмашЭкспо - 2019	Межрегиональная специализированная выставка	ООО «Байкал Экспо» www.baikalexpo.com
02.04-04.04	Москва, ЦВК «Экспоцентр»	Экспо Контроль 2019	11-я специализированная выставка методов и технологий измерений, испытаний и контроля качества	Экспоцентр на Красной Пресне www.ruai-interex.ru
14.05-17.05	Москва, ЦВК «Экспоцентр»	Металлургия-Литмаш-2019	Международная выставка машин, оборудования, технологий и продукции металлургической промышленности	Экспоцентр на Красной Пресне www.expocentr.ru
14.05-17.05	Москва, ЦВК «Экспоцентр»	Металлоконструкции 2019	Международная выставка	Экспоцентр на Красной Пресне www.expocentr.ru
21.05-22.05	Воронеж, ВЦ «ВЕТА»	Воронежский промышленный форум - 2019	12-й Воронежский промышленный форум	www.veta.ru
27.05-31.05	Москва, ЦВК «Экспоцентр»	Металлообработка-2019	20-я международная специализированная выставка «Оборудование и инструменты для металлообрабатывающей промышленности»	Экспоцентр на Красной Пресне www.expocentr.ru
04.06-05.06	Санкт-Петербург, КДЦ «Club-House»	Передовые технологии автоматизации	XII Специализированная выставка-форум	www.pta-expo.ru
18.06-21.06	Нижний Новгород, Нижегородская ярмарка	Машиностроение. Станки. Инструмент. Сварка 2019	Специализированная выставка	www.yarmarka.ru
08.07-11.07	Екатеринбург, МВЦ «Екатеринбург-Экспо»	Иннопром 2019	Международная промышленная выставка	www.innoprom.com
17.09-19.09	Москва, ЦВК «Экспоцентр»	Термообработка-2019	13-я Международная специализированная выставка технологий и оборудования для термообработки	Экспоцентр на Красной Пресне www.expocentr.ru
17.09-19.09	Волгоград, ВК «ВолгоградЭкспо»	ПромЭКСПО - 2019	19-я Всероссийская специализированная выставка	www.volgogradexpo.ru
17.09-19.09	Санкт-Петербург, FarExpo	Автоматизация - 2019	20-я Международная специализированная выставка	www.farexpo.ru
09.10-11.10	Саратов, Манеж Дворца спорта	Техно Экспо - 2019	18-я специализированная выставка машиностроения, металлообработки, сварки	ВЦ «Софит-Экспо» www.totalexpo.ru
15.10-18.10	Москва, КВЦ «Сокольники»	Weldex/Россварка – 2019	19-я Международная выставка сварочных материалов, оборудования и технологий	Выставочный холдинг МВК Компания «Элсвар» www.weldex.ru
21.10-24.10	Москва, ЦВК «Экспоцентр»	ТЕХНОФОРУМ-2019	Международная специализированная выставка «Оборудование и технологии обработки конструкционных материалов»	Экспоцентр на Красной Пресне www.expocentr.ru
22.10-24.10	Москва, МВЦ «Крокус Экспо»	Mashex Moscow 2019	22-я Международная выставка оборудования для обработки металлического профиля, труб и производства металлоизделий	МВЦ «Крокус Экспо» www.crocus-expo.ru www.mashex.ru
05.11-08.11	Москва, ЦВК «Экспоцентр»	MITEX 2019	Международная специализированная выставка инструментов и оборудования	www.expocentr.ru
12.11-15.11	Москва, ВДНХ	Металл-Экспо – 2019	25-я Международная промышленная выставка	www.metal-expo.ru
13.11-15.11	Москва, ЦВК «Экспоцентр»	Российский промышленник - 2019	Международный форум	Экспоцентр на Красной Пресне www.expocentr.ru
13.11-15.11	Волгоград, ВВЦ «Регион»	Технофорум - 2019	Специализированная промышленно-техническая выставка	www.regionex.ru
19.11-21.11	Екатеринбург, МВЦ «Екатеринбург-ЭКСПО»	Сварка. Контроль и диагностика – 2019	19-я специализированная выставка	ВО «Уральские выставки» т.: +7 343 385 35 35 www.uv66.ru
20.11-22.11	Красноярск, МВДЦ «Сибирь»	Металлообработка и сварка - 2019	Специализированная выставка	www.krasfair.ru
04.12-06.12	Казань, ОАО «Казанская ярмарка»	Машиностроение. Металлообработка. Казань 2019	19-я Международная специализированная выставка	ОАО «Казанская ярмарка» www.expomach.ru
04.12-06.12	Казань, ОАО «Казанская ярмарка»	TechnoСварка – 2019	14-я специализированная выставка	ОАО «Казанская ярмарка» www.svarkaexpo.ru

Перестройка ИЭС им. Е. О. Патона*

А. А. Мазур, к.э.н., Л. Б. Любовная, О. К. Маковецкая, В. И. Снежко, ИЭС им. Е. О. Патона (Киев)

Конец 20-го и начало 21-го веков внесли большие перемены в нашу жизнь. Распад СССР и обретение Украиной государственной независимости, трансформация Украины из региона под названием «УССР» в самостоятельное государство, потребовали коренной перестройки в общественной, политической и экономической жизни страны.

О сложностях такого периода еще две с половиной тысяч лет тому назад предупреждал Конфуций: «Не дай вам бог жить во времена перемен». Но когда приходит время необходимых перемен, нужно не рассуждать о сложностях жизни в этот период, нужно не выживать, а жить и работать. Поэтому ИЭС им. Е. О. Патона за прошедшие четверть века, несмотря на все сложности, не просто выживает, а живет и работает, выдает результаты мирового уровня, а по некоторым позициям опережает своих зарубежных конкурентов, формируя этот самый «мировой научный уровень». Работа ИЭС им. Е. О. Патона, как и в прежние времена, находится под пристальным вниманием наших зарубежных партнеров и конкурентов, в первую очередь Китая, США, Европы, Индии, Ирана и др. стран.

Создатель Института электросварки гениальный Е. О. Патон положил в основу его деятельности принципы сочетания научно-теоретических и инженерно-прикладных задач, что позволило коллективу не только успешно решать научно-технические и организационные проблемы широкого применения сварки в предвоенный и военный периоды, в период восстановления и дальнейшего развития народного хозяйства страны, перестройки экономики Украины.

К моменту развала СССР ИЭС, возглавляемый с 1953 г. академиком Б. Е. Патонем, был крупнейшим в стране и мире научно-исследовательским центром в области сварки и специальной электрометаллургии. Были реализованы мероприятия по оптимизации организационной структуры ИЭС, созданы МНТК, НТК, совершенствовались методы научно-технической и инновационной деятельности, получили развитие новые, перспективные способы сварки, выполнена практически полная компьютеризация процесса научной и инженерной деятельности.

Традиционный патоновский принцип единства постановки и решения конкретных научных и технических задач с доведением разработок до практической реализации проявляется в широких связях Института с производством, отраслевыми научно-исследовательскими и проектно-технологическими учреждениями.

ческими учреждениями.

В настоящее время Институт является головной организацией НТК «ИЭС им. Е. О. Патона» — научно-технического комплекса, объединяющего интеллектуальный, производственный и финансовый потенциал института, трех опытных заводов (сварочного оборудования, сварочных материалов и специальной электрометаллургии), Опытного конструкторско-технологического бюро, сертификационного и Межотраслевого учебно-аттестационного центров, инженерных центров, внешнеторговых и научно-внедренческих фирм.

Научный, технологический и производственный опыт в сочетании с современным финансовым менеджментом и маркетингом позволяет ИЭС им. Е. О. Патона эффективно сотрудничать с ведущими предприятиями Украины и др. стран, с многими странами Европы, Азии, Америки и Африки.

Отечественная промышленность, выпускающая сварочные материалы и оборудование, главной научной базой которой является ИЭС, вот уже многие годы, в отличие от экономики Украины в целом, имеет положительный внешнеторговый баланс. Такие разработки, как технологии и оборудование сварки в космосе и сварки ракетно-космической техники, контактная сварка бесстыковой колеи высокоскоростных железных дорог и магистральных трубопроводов, высокочастотная сварка живых тканей человека, электронно-лучевая сварка и нанесение защитных покрытий, создание новых сварочных материалов и многое др. обеспечивают Украине конкурентные приоритеты на мировом научно-техническом рынке.

Один из примеров эффективности работы ИЭС — комплексная целевая программа НАНУ «Ресурс», головной организацией которой является ИЭС. Задача программы — научное обеспечение продления сроков безаварийной работы ответственных металлоконструкций. Только один из проектов этой программы — продление безопасных сроков службы реакторных блоков атомных электростанций сверх сроков, установленных проектной документацией, дал возможность за счет реализации целого комплекса мероприятий отложить на 20–30 лет их вывод из эксплуатации и строительство новых блоков по 8–10 млрд. долларов каждый.

Достаточно полный перечень работ, выполненных Институте, в т. ч. за последние 25 лет, приведен в юбилейном сборнике «Институт электросварки им. Е. О. Патона: 80 лет».

* По мат. брошюры: «Страницы истории ИЭС им. Е.О. Патона». Ч. 10. Начало в журнале «Сварщик в России» — 2016–2018 гг.

Сварка в ракетно-космической технике

В 1954 г. Б.Е. Патон в своем интервью журналу «Наука и жизнь» (№ 11) сказал: «Сварка призвана сыграть значительную роль в завоевании космоса. В мире будущего она займет достойное место среди иных творений человеческого разума». Идея Б.Е. Патона была горячо поддержана Генеральным конструктором академиком С.П. Королевым. Время подтвердило этот прогноз. Сварка при освоении космоса действительно стала одной из важнейших технологий, решая проблемы прочности, герметичности, эксплуатационной надежности, экономичности ракет, повышения их полезной нагрузки, жизнеобеспечения Международных космических станций (МКС).

Космическая эпопея ИЭС им. Е.О. Патона началась с участия в создании ракетно-ядерного щита Родины. Ракетные комплексы стратегического назначения требовали совершенствования конструкций и технологий изготовления баллистических и космических ракет, в т. ч. технологий сварки. По степени ответственности, по срокам исполнения и по значению для укрепления оборонной мощи страны эти работы можно сравнить с работой Института по обеспечению автоматической сварки танка Т-34 и др. видов вооружения в период Великой Отечественной войны.

Творческое сотрудничество инженеров КБ «Южное» и «Южмаша» с учеными Института стали основой для успешного решения поставленных задач. По технологическому уровню сварных конструкций и по уровню технологии сварки продукция КБ «Южное» и «Южмаша» уже с 60-х гг. занимала передовые позиции, а в ряде случаев инженерные решения, реализованные в них, не были повторены в мировой практике ракетостроения до сих пор.

Одним из примеров является создание в 60-е гг. тяжелых межконтинентальных баллистических ракет на жидком топливе – по западной классификации «Сатана». Очень остро стояла проблема герметичности топливных баков и топливных систем ракет в течение длительного срока эксплуатации в заправленном состоянии. Для обеспечения требуемого качества нужно было исключить негативное воздействие человеческого фактора при ручной аргонодуговой сварке путем максимальной механизации и автоматизации сварочных процессов. Удалось механизировать сварку всех швов баков и топливных систем, от которых зависела герметичность.

В 1967 г. после двухлетних испытаний была освоена принципиально новая для алюминиевых сплавов технология контактной стыковой сварки шпангоутов ракет с полной автоматизацией, программированием процесса и записью параметров, которые подтверждают качество. С этого момента началась новая эпоха в производстве сварных корпусов ракет на «Южмаше». Наряду с «Южмашем» разработанные Институт технологии сварки в ракетостроении были внедрены на ведущих предприятиях страны. По свидетельству

С.А. Афанасьева, бывшего министра тяжелого машиностроения СССР, американцы, посетив «Южмаш», в сварочном цехе стали усиленно делать зарисовки в своих блокнотах. На вопрос, что их заинтересовало, ответили с энтузиазмом: «Это грандиозно, у нас такого нет». Как тут не вспомнить Н.С. Хрущева, который в свое время сказал, чтобы напугать Запад: «У нас ракеты делаются, как сосиски», не особенно погрешив при этом против истины.

Ракеты СС-17 стали одними из надежнейших ракет в мире. Никаких протечек в топливной системе не наблюдалось, когда ракеты, отслужившие двойной срок дежурства в заправленном состоянии, снимали с эксплуатации.

В середине 70-х гг. потребовались новые технические решения для очередного поколения ракет «Сатана» и ракет СС-18. Были разработаны технология и необходимое оборудование для контактной стыковой сварки продольных швов обечаек, что обеспечило практическую равнопрочность швов с основным металлом. До настоящего времени разработанная Институт контактная сварка обечаек ракет пользуется беспрецедентным уважением у специалистов ракетостроительных компаний всего мира.

Следующими шагами в космической Одиссее Института был целый ряд разработок – от экспериментального комплекса «Вулкан» для сварки и резки металлов в условиях невесомости, до универсального ручного инструмента, который впервые в мире позволил проводить сварку, резку, пайку и напыление металла в открытом космосе.

В 1986 г. в космосе построена конструкция в виде разборной фермы (эксперимент «Маяк»), в 1991 г. впервые проведена пайка узлов ферменных конструкций, создан агрегат для открытия и развертывания солнечных батарей многократного использования орбитальной станции «Мир».

Высоко оценивал вклад Б.Е. Патона в развитие космической программы СССР Генеральный конструктор ракетно-космических комплексов НПО «Энергия» академик РАН Ю.П. Семенов, много лет работавший вместе с С.П. Королевым: «Б.Е. Патон входит в великую плеяду советских ученых и конструкторов, благодаря которым СССР в годы своего существования был могучим и великим государством... Он внес неоценимый вклад в науку и практику сварки. Благодаря ему мы впервые в мире вышли на космические технологии, совершили первый эксперимент сварки в космосе... Патон много сделал для кораблей «Союз», «Прогресс», руководил работами по созданию уникальных приборов для реализации космических технологий. Впервые в мире наши космонавты, попав в реальный космос, доказали ее полную трудоспособность».

Многолетние попытки США хотя бы повторить эти достижения в космосе окончились неудачей. Американцы вынуждены были заключить с Инсти-

тутом договор на разработку для них аналогичного оборудования и обучение астронавтов НАСА. По окончании работ планировалось испытать оборудование и астронавтов во время полета одного из «Шаттлов», но гибель «Колумбии» отодвинула сроки этих испытаний, а потом у американцев, да и в РФ изменились планы.

Время и технический прогресс постоянно вносят изменения в стратегию человечества по освоению космоса. Но патоновские разработки на всех этапах оставались важной составной частью работ по созданию и укреплению космического щита для обороны страны, работ по созданию околоземных и инопланетных обитаемых и необитаемых станций и др. космических объектов. Успешное сотрудничество патоновцев с ведущими создателями ракетно-космической техники продолжается и сегодня.

Выступая в 2016 г. на заседании Президиума НАНУ, где заслушивались традиционные ежегодные отчеты о результатах сотрудничества институтов Академии и организаций Национального космического агентства Украины, Генеральный конструктор, Генеральный директор КБ «Южное» А.В. Дегтярев в своем выступлении отметил, что «взаимодействие КБЮ с организациями и институтами Академии наук – это очень продуктивное сотрудничество, дающее хорошие результаты. Подписанное в 2012 г. Генеральное соглашение о сотрудничестве и перспективный план работы уже четвертый год выполняется как часы. Это очень интересное, продуктивное и взаимовыгодное взаимодействие. Я очень благодарен президенту НАН Украины Борису Евгеньевичу Патону, поддерживавшему наши предложения и внесшему в это дело свою энергию, опыт и интеллект».

Сварка живых тканей

В 1993 г. совместные исследования специалистов ИЭС, а также Института клинической и экспериментальной хирургии Национальной академии медицинских наук Украины и объединения «ОХМАТДЕТ» подтвердили возможность получения надежного сварного соединения мягких тканей животных методом биполярной коагуляции. В дальнейшем к систематическим исследованиям через Международную ассоциацию сварки, действующую при ИЭС им. Е.О. Патона, была привлечена группа американских хирургов.

В 1997 г. в США (г. Луисвилль) впервые была продемонстрирована сварка мягких тканей животных. Показательные операции явились сенсацией для американской медицины. После проведения более тысячи операций на подопытных животных, в 1998 г. в Киеве были начаты опыты по сварке человеческих органов, удаленных в ходе плановых операций. Статистически достоверные положительные результаты позволили Министерству здравоохранения Украины дать официальное разрешение на использование технологии и аппаратуры высокочастотной сварки в клинической практике начиная с 2001 г.

Метод высокочастотной сварки живых тканей обеспечивает быстрое, бескровное, удобное для хирурга и малотравматичное для пациента выполнение оперативных вмешательств. При этом снижаются кровопотери и длительность операции, сокращаются затраты на операцию и продолжительность послеоперационного восстановления пациентов. Возникают возможности хирургического лечения больных, которые ранее считались неоперабельными.

Очень эффективным оказалось использование новой техники и технологии в ветеринарии при проведении хирургических операций на домашних и диких животных, в т. ч. при их стерилизации.

На сегодняшний день высокочастотная сварка

живых тканей успешно используется в медицинской практике в Украине уже более 20 лет. За это время освоено более 150 разных хирургических методик, успешно выполнено более 200 тысяч операций. По свидетельству хирургов, этот метод перспективен также при трансплантологии органов, в медицине катастроф и военно-полевой хирургии.

География распространения патоновских аппаратов для высокочастотной сварки живых тканей – это прежде всего Украина. Более 200 аппаратов работают практически во всех регионах страны. На базе Киевской горбольницы № 1 создан Киевский городской лечебный и учебно-внедренческий центр электросварочной хирургии и новых хирургических технологий. В ИЭС организован выпуск аппаратуры для высокочастотной сварки. Сейчас решается вопрос об организации, совместного производства с Китаем.

Желание приобрести аппараты и лицензии проявляют США, Индия, Вьетнам, Польша, Македония, Норвегия, страны Балтии и др. В 2012 г. первая партия аппаратов была поставлена в Китай, где с участием Китайско-украинского института сварки им. Е.О. Патона ведется большой объем работ по технической, медицинской и организационной подготовке широкого использования патоновских технологий и аппаратуры для медицинского обслуживания населения страны.

В ИЭС им. Е.О. Патона ведутся работы по дальнейшему совершенствованию аппаратуры и технологии сварки живых тканей. В 2016 г. разработан и прошел государственную аттестацию мобильный аппарат ЕКВЗ-300М, предназначенный для автономной работы в условиях чрезвычайных ситуаций, для оказания скорой помощи при различных видах аварий и катастроф, в условиях ведения военных действий, как в госпиталях, так и непосредственно в прифронтовой полосе.

Справочно-информационная система ИЭС им. Е. О. Патона

Одним из необходимых условий успешного функционирования ИЭС им. Е.О. Патона в условиях переходной экономики является наличие адекватной научно-технической и экономической информации, системы обобщения и анализа данных о приоритетах развития мировой сварочной науки и техники, о состоянии и перспективах мирового и региональных сварочных рынков.

Основной массив информации сосредоточен в научно-технической библиотеке (НТБ), которая начала функционировать в 1934 г. с первых дней создания Института. Она насчитывает в настоящее время более 300 тыс. единиц хранения как на бумажных, так и на электронных носителях. В порядке обмена библиотека получает научно-техническую литературу, монографии, журналы и др. издания зарубежных стран. Все поступления ежемесячно реферированы и в виде библиографических указателей доводятся до структурных подразделений ИЭС и НТК ИЭС. В читальном зале библиотеки сотрудники ИЭС могут ознакомиться с новейшими публикациями отечественных и зарубежных научно-технических изданий.

В фондах НТБ есть все номера специализированных журналов, издаваемых Институтом. Основная информация, которая публикуется в этих журналах, содержится в Интернете на Web-сайте Института (www.paton.kiev.ua). Кроме того, ряд журналов переиздается на английском языке: «The Paton Welding Journal», «Advances in Electrometallurgy».

Развитие международного сотрудничества и кооперации в области науки и производства обостряют проблему усовершенствования, пополнения и приведения в соответствие с общепринятыми требованиями украинской научно-технической терминологии в области сварки. Это вызвало необходимость соответствующих лексикологических исследований и составления многоязычных словарей по сварке и родственным технологиям.

Практика показала, что наибольшее научное и практическое значение имеют толковые словари-справочники профессиональной лексики. Уже многие годы наиболее удачным у сварщиков считается изданный в 1972 г. «Словарь-справочник по сварке». Но с тех пор прошло 45 лет, техника, технология и терминология сварки ушли далеко вперед.

По результатам мониторинга международной профессиональной терминологии по сварке и родственным технологиям в сотрудничестве с Украинским языково-информационным фондом НАНУ подготовлен и в 2013 г. издан в электронном варианте украинско-русско-английский словарь-справочник, своего рода трехязычная миниэнциклопедия по сварке для использования в научной, педагогической и практической деятельности.

Любой желающий может получить информа-

цию о достижениях ИЭС на его постоянно обновляемом Web-сайте, на регулярно проводимых международных и национальных конференциях, в двух музеях — музее истории Института и музее его научно-технических достижений.

Ориентироваться в ситуации на украинском рынке помогают ежегодные издания «Экономико-статистический обзор сварочного производства и рынка сварочной техники Украины» и «Внеэкономическая деятельность Украины. Сварочные материалы и оборудование», которые издаются отделом экономических исследований.

Русско- и англоязычные сборники международной экономико-статистической информации по сварке «СВЭСТА», которые периодически выпускаются при поддержке Международного института сварки (IIW) и Европейской федерации сварки, резки и соединений (EWF). При подготовке сборника «СВЭСТА-2014» использовалась собственная информация ИЭС, а также данные более 40 зарубежных специализированных источников на 14 языках, включая английский, немецкий, японский, китайский и др.

Кроме банков экономико-статистической информации, в Институте есть патентно-информационный банк и целый ряд других банков, использование которых помогает в защите интеллектуальной собственности Института отделам-разработчикам и службам, при разработке и трансфере технологий и их коммерциализации как в Украине, так и за рубежом. Постоянно пополняется БД «Разработки Института», информация в котором излагается в виде специальных информационных карт научно-технической продукции.

Важной составляющей частью работы по информационному обеспечению сотрудников Института, преподавателей вузов и студентов сварочных кафедр, инженерно-технического состава промышленных предприятий является постоянное проведение в Институте международных и национальных конференций по различным вопросам сварки и технологий.

Как показала многолетняя практика, по своему объему и содержанию справочно-информационные материалы, сосредоточенные в ИЭС, являются уникальным источником научно-технической и экономической информации, помогают разработчикам и производителям украинской сварочной техники обеспечивать высокий уровень ее конкурентоспособности на отечественном и зарубежных рынках. Именно поэтому выпуск сварочных материалов и оборудования является одной из немногих отраслей украинской промышленности, которая много лет обеспечивает положительный внешне-торговый баланс.

●#1146

ТЕХНИЧЕСКАЯ ЛИТЕРАТУРА

Название книги	Цена (руб.)*
В. М. Литвинов, Ю. Н. Лысенко. Кислородная резка и внепечной нагрев в тяжелом машиностроении. 2017. — 368 с. 600	
В. И. Лакомский, М. А. Фридман. Плазменно-дуговая сварка углеродных материалов с металлами. 2004. — 196 с. 400	
А. А. Кайдалов. Электронно-лучевая сварка и смежные технологии. Издание 2-е, переработанное и дополненное. 2004. — 260 с. 500	
В. Я. Кононенко. Газовая сварка и резка. 2005. — 208 с. 400	
С. Н. Жизняков, З. А. Сидлин. Ручная дуговая сварка. Материалы. Оборудование. Технология. 2006. — 368 с. 500	
А. Я. Ищенко и др. Алюминий и его сплавы в совре- менных сварных конструкциях. 2006. — 112 с. с илл. 400	
П. М. Корольков. Термическая обработка сварных соединений. 3-е изд., перераб. и доп. 2006. — 176 с. 400	
А. Е. Анохов, П. М. Корольков. Сварка и термиче- ская обработка в энергетике. 2006. — 320 с. 500	
Г. И. Лащенко. Способы дуговой сварки стали плавящимся электродом. 2006. — 384 с. 500	
А. А. Кайдалов. Современные технологии термической и дистанционной резки конструкционных материалов. 2007. — 456 с. 500	
П. В. Гладкий, Е. Ф. Переплетчиков, И. А. Рябцев. Плазменная наплавка. 2007. — 292 с. 500	
А. Г. Потапьевский. Сварка в защитных газах плавящимся электродом. Часть 1. Сварка в активных газах. 2007. — 192 с. 500	
Г. И. Лащенко, Ю. В. Демченко. Энергосберегающие технологии послесварочной обработки металлоконструкций. 2008. — 168 с. 400	
Б. Е. Патон, И. И. Заруба и др. Сварочные источники питания с импульсной стабилизацией горения дуги. 2008. — 248 с. 400	
З. А. Сидлин. Производство электродов для ручной дуговой сварки. 2009. — 464 с. 600	
В. Н. Радзиевский, Г. Г. Ткаченко. Высокотемпературная вакуумная пайка в компрессоростроении. 2009. — 400 с. 500	
В. Н. Корж, Ю. С. Попиль. Обработка металлов водородно-кислородным пламенем. 2010. — 194 с. 400	
Нормирование расхода покрытых электродов при ручной дуговой сварке и наплавке. Нормирование расхода сварочных материалов при сварке в углекислом газе и его смесях. Нормирование расхода сварочных материалов при сварке под флюсом. Справочные пособия. 2008. — 68 – 68 – 40 с. 200	
* Г. И. Лащенко. Современные технологии сварочного производства. 2012. — 720 с. 300	

* Цены на книги указаны без учета стоимости доставки.

** Продается только в электронной версии.

Электронные версии книг стоят в два раза дешевле.

Тарифы на рекламу в 2019 г.

На внутренних страницах		
Площадь	Размер, мм	Стоимость, руб.*
1 полоса	210×295	25000
1/2 полосы	180×125	13000
1/4 полосы	88×125	7000
На страницах основной обложки		
Страница	Размер, мм	Стоимость, руб.
1 (первая)	215×185	50000
4 (последняя)	210×295 (после обрезки 205×285)	36000
2		33000
3		30000

(*все цены в руб. с НДС)

Изготовление оригинал-макета

- 10% стоимости рекламной площади

Статья на правах рекламы

- 1 стр. — 12000 руб.

Прогрессивная система скидок

Количество подач	2	3	4	5	6
● Скидка	5%	10%	13%	17%	20%

Требования к оригинал-макетам

Для макетов «под обрез»: формат издания после обрезки 205×285 мм; до обрезки 210×295 мм; внутренние поля для текста и информативных изображений не менее 15 мм. **Файлы принимаются в форматах:** PDF, AI, INDD, TIF, JPG, PSD, EPS, CDR, QXD с прилинкованными изображениями и шрифтами. Изображения должны быть качественными, не менее 300 dpi, цветовая модель CMYK, текст в кривых, если нет шрифтов. Размеры макета должны точно соответствовать указанным редакцией.

Зам. глав. ред., рук. ред., **В. Г. Абрамишвили**, к.ф.-м.н.:
тел./факс: +380 44 200-80-14, моб.: +380 50 413-98-86,
моб.: +380 95 146-06-91
e-mail: welder.kiev@gmail.com

Ред., зам. рук. ред. **О. А. Трофимец**:
тел./факс: +380 44 200-80-18
e-mail: trofimets.welder@gmail.com

www.welder.stc-paton.com

Подписка-2019 на журнал

«Сварщик в России»

Подписной индекс **20994**
в каталоге «Пресса России»

Подписной индекс **E20994**
в каталоге Агентства «Книга-Сервис»

Подписной индекс **K0103**
в каталоге российской прессы
«Почта России» — персональная подписка

На электронную версию журнала можно
подписаться в редакции или на сайте:
www.welder.stc-paton.com (скидка 50 %)