

Производственно-технический журнал

СВАРЩИК

№ **3** 2016

В РОССИИ

технологии — производство — ремонт

интерпро

**ПРОИЗВОДСТВО
СВАРОЧНОЙ И НАПЛАВОЧНОЙ
Порошковой ПРОВОЛОКИ**

Тел.: +7 (4862) 33-03-19

www.interpro-orel.ru

3 (61) 2016

Журнал выходит 6 раз в год.

Издается с мая 2006 г.

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

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

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

Производственно-технический журнал

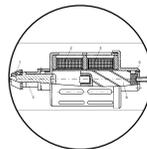
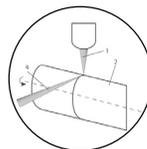
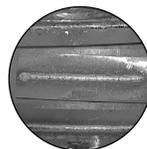
СВАРЩИК

№ 3 2016

В РОССИИ

СОДЕРЖАНИЕ

Новости техники и технологий	4
Технологии и материалы	
Сопоставление сварочно-технологических свойств проволоки Св-08Х20Н9Г7Т с ее зарубежными аналогами. <i>В. Д. Позняков, А. А. Гайворонский, В. А. Клапатык, А. М. Денисенко</i>	6
Технологии и оборудование	
Электронно-лучевые технологии в сварочном производстве. <i>Г. И. Лащенко</i>	9
Наши консультации	11
Технологии послесварочной обработки	
Технологии послесварочной обработки металлоконструкций поверхностным пластическим деформированием. <i>Г. И. Лащенко</i>	13
Технологии и производство	
Анализ и перспективы использования современных технологий изготовления обечаек котлов железнодорожных вагонов-цистерн. <i>В. А. Роянов, П. В. Коросташевский, И. В. Захаров</i>	21
Подготовка кадров	
Тренажер сварщика для электродуговой сварки ТСДС-06М.....	25
Охрана труда	
Системы менеджмента гигиены и безопасности труда: расследование инцидентов и аудит. <i>О. Г. Левченко, Ю. А. Полукаров</i>	28
Выставки и конференции	
XVII международная выставка «Сварка / Welding 2016»: новейшие сварочные технологии.....	31
Международная конференция «Дуговая сварка. Материалы и качество».....	34
Страницы истории	
От основ металлургии сварки до основания электрошлаковой металлургии. <i>А. П. Лютый</i>	36



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, маркетинг 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 10.08.2016. Формат 60×84 1/8. Печать офсетная. Бумага офсетная. Гарнитура PetersburgC. Отпечатано в ЗАО «ТДДС-Столица-8». Заказ № П000008188 от 10.08.2016. 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, П. П. Проценко, С. В. Пустовойт, И. А. Рябцев

Адрес редакции 03150, Киев, а/я 337

Телефон +380 44 200 5361

Тел./факс +380 44 200 8018, 200 8014

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

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

Подписка-2016

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

News of technique and technologies 4

Technologies and materials

Comparison of welding-technological properties of wire Sv-08X20H9Г7T with its foreign analogues.
V. D. Poznyakov, A. A. Gayvoronskiy, V. A., Klapatyuk, A. M. Denisenko 6

Technologies and equipment

Electron-beam technologies in welding production.
G. I. Lashenko 9

Our consultations 11

Technologies of post welding processing

Technologies of post welding processing of the metal construction by surface plastic deformation.
G. I. Lashenko 13

Technology and manufacturing

Analysis and prospects of use of modern technologies for the manufacture of shell boilers of railway tank wagons.
V. A. Royanov, P. V. Korostashevskiy, I. V. Zakharov 21

Training of personnel

Simulator welder for electric arc welding TSDS-06M 25

Labour protection

System of management of occupational health and safety: investigation of incidents and audit.
O. G. Levchenko, Yu. A. Polukarov 28

Exhibitions and conferences

XVII international exhibition «Svarka / Welding 2016»: the modern welding technologies 31

International conference «Arc welding. Materials and quality» 34

Page of history

From the basics of welding metallurgy to the base of electroslag metallurgy: breakthrough of the E. O. Paton IEW in NTP. *A. P. Lutyi* 36

Сопоставление сварочно-технологических свойств проволоки Св-08Х20Н9Г7Т с ее зарубежными аналогами.

В. Д. Позняков, А. А. Гайворонский, В. А. Клапатюк, А. М. Денисенко

Проведена сравнительная оценка сварочно-технологических свойств проволоки Св-08Х20Н9Г7Т (ОАО «ИЖСТАЛЬ») и ее зарубежных аналогов, Thermanit X (UTP A63) (Böhler GmbH) и Ok Autrod 16.95 (ESAB AB), при механизированной сварке в среде защитных газов. Показана возможность применения зарубежных аналогов в условиях налаженного технологического процесса на предприятиях при механизированной сварке в смеси газов Ar + CO₂ (82% + 18%). Для получения качественных сварных соединений изделий необходимо вводить изменения в конструктивное исполнение соединений, уменьшать величину притупления и увеличивать ширину зазора в соединениях в пределах допустимого допуска согласно ГОСТ 14771.

Электронно-лучевые технологии в сварочном производстве

Г. И. Лащенко

Рассмотрены процессы электронно-лучевой наплавки (ЭЛН) и оплавления, протекающие в вакууме. Отмечено, что покрытия полученные ЭЛН имеют твердость на 5 единиц выше получаемой при газотермическом способе, а пористость покрытий в 4–7 раз меньше получаемой при напылении. При ЭЛН формируется новый практически безпористый материал с высокой степенью дисперсности и однородности. Рассмотрены процессы электронно-лучевой резки (ЭЛР) и сверления. Представлены различия центробежной и линейной ЭЛР. Описаны характеристики ЭЛР некоторых листовых металлов и сплавов, приведены схемы выполнения резки и области применения ЭЛР.

Технологии послесварочной обработки металлоконструкций поверхностным пластическим деформированием

Г. И. Лащенко

Представлены технологии послесварочной обработки металлоконструкций поверхностным пластическим деформированием, сущность которых сводится к компенсации послесварочных пластических деформаций укорочения посредством осадки металла сварного соединения в перпендикулярном направлении. Приведены технологические особенности и возможности способов послесварочной обработки: прокатка сварных соединений, пневмоструйная обработка, проковка пневматическим и электромагнитным инструментом, ультразвуковая ударная обработка. Представлены схемы и рекомендованы параметры всех этих способов послесварочной обработки.

Анализ и перспективы использования современных технологий изготовления обечаек котлов железнодорожных вагонов-цистерн.

В. А. Роянов, П. В. Коросташевский, И. В. Захаров

Рассмотрены два основных технологических процесса изготовления обечаек котлов железнодорожных вагонов-цистерн с рабочим давлением внутри котла до 1,6 МПа. Проведен анализ этих процессов и перспектив их использования в серийном производстве котлов железнодорожных вагонов-цистерн. Рассмотрены вопросы универсальности специального технологического оборудования для изготовления обечаек котлов различных диаметров из листов различной ширины. Показана актуальность данного вопроса для производства обечаек котлов железнодорожных вагонов-цистерн в современных условиях.



ЗАО НПФ «ИТС» – 25 лет!

В этом году отмечает 25-летие ЗАО Научно-производственная фирма «Инженерный и технологический сервис (НПФ «ИТС») – промышленно-финансовая группа предприятий, основанная в 1991 г. в Санкт-Петербурге. Компания является одним из самых крупных изготовителей и поставщиков сварочного оборудования, материалов и комплектующих в России. Ассортимент поставляемого НПФ «ИТС» сварочного оборудования и материалов широк: начиная от стандартного оборудования для всех видов сварки, заканчивая автоматизированными сварочными комплексами «под ключ».

В приоритетах компании внедрение новейших технологий, позволяющих выпускать современное, высокоэффективное, конкурентоспособное и безопасное оборудование для потребителя.

Компания ЗАО НПФ «ИТС» имеет представительства в Москве и регионах (Екатеринбург, Красноярск, Самара), а также множество дистрибьюторов по всей России.

Инженерно-техническая и сервисная службы НПФ «ИТС» оказывают полный спектр услуг технологического сопровождения. Специалисты компании регулярно проводят семинары для потребителей и компаний-партнеров, что позволяет постоянно информировать их о последних новинках



и разработках, быть в курсе актуальных потребностей и пожеланий клиентов.

ЗАО НПФ «ИТС» является поставщиком сварочного оборудования, материалов и комплектующих для таких предприятий, как ПАО «Газпром», ОАО «АК «Транснефть», ОАО «НК «Роснефть», ООО «Стройгазконсалтинг», ОАО «Ижорские заводы», ОАО «Севмаш» и др.

Редакция журналов «Сварщик в России», «Сварщик» поздравляет ЗАО НПФ «ИТС» с 25-летним юбилеем! Желаем успехов, новых разработок, достижений и процветания!

● #940

Медведев ознакомился с технологией сварки трением с перемешиванием

В июне 2016 г. Премьер-министр РФ Дмитрий Медведев посетил Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого.

В ходе экскурсии ректор университета Андрей Рудской ознакомил Медведева с новыми технологиями, разработанными в университете, которые применяются в автомобильной, авиапромышленности и ракетостроении, в частности, с технологией «сварка трением с перемешиванием», а также с отечественными разработками систем электронных уровней, что в четыре раза дешевле зарубежных аналогов.

Кроме того, главе правительства рассказали о разработке институтом энергетики и транспортных систем турбогенераторных установок электрической мощностью 1 и 30 кВт для газотранспортной системы России. Медведев заинтересовался, кто заинтересован в новых разработках. «Газпром» спит и видит их – для них это спасение», – сказал Рудской.



Премьер отметил важность разработок, обратив внимание на некоторые недостатки.

Санкт-Петербургский политехнический университет (СПбПУ) Петра Великого был основан в 1899 г.

В 2016 г. СПбПУ первым среди российских вузов открыл представительство в Шанхае.

<http://ria.ru/>

● #941

Открыта линия по производству бурильных труб

Предприятие ООО «Техномаш» в Невьянске (Свердловская область) создано как единственная в России дочерняя структура группы компаний «Хайлонг» (КНР), специализирующейся на обработке бурильных труб высокотехнологичным полимерным покрытием. Выпуская высококачественную продукцию с 2012 г., компания завоевала доверие российских нефтяников.

На заводе специальным составом обрабатывают нефтегазовые бурильные трубы, при этом срок их службы увеличивается многократно. Труба проходит в цехе температурную и абразивную обработку, затем внутри покрывается защитным слоем.

Следующим шагом развития производства в России стало строительство в Невьянске линии по производству бурильных труб. Объем инвестиций компании составил 328 млн рублей. К телу трубы здесь будут крепить буровой замок, в итоге получится надежный инструмент для бурения.

Коллектив предприятия составляет 170 человек, только 17 из них — граждане КНР, остальные местные жители, что немаловажно.

Руководство «Хайлонга» планирует расширять производство, об этом рассказал президент группы компаний «Хайлонг» Ван Тао: «В 2016 г. инвестиции могут достигнуть порядка 20 млн долла-



ров США». В планах компании «Хайлонг» — строительство на предприятии «Техномаш» линий по производству бурильных и толстостенных труб, а также изготовление специальных замков для их скрепления. Дополнительное соглашение о продолжении совместной работы планируется подписать в скором будущем в рамках Международной промышленной выставки «ИННОПРОМ».

<http://rus.vrw.ru/>
● #942

НОВИНКА DENZEL: АППАРАТ ДЛЯ СВАРКИ ПЛАСТИКОВЫХ ТРУБ DWP-1500



Ассортимент продукции торговой марки DENZEL пополнился аппаратом для сварки пластиковых труб DWP-1500. Аппарат позволяет сваривать пластиковые трубы диаметром до 63 мм путем их нагрева и последующего соединения.

Преимущества нового аппарата: два уровня мощности нагрева (750 и 1500 Вт); встроенный термостат, поддерживающий заданную температуру; улучшенная конструкция крепления нагревательного элемента к корпусу, не позволяющая аппарату перегреваться.

В комплекте поставляется: металлический кейс для переноски и хранения; труборез с храповым механизмом; насадки с тефлоновым покрытием размерами 20, 25, 32, 40, 50, 63 мм; имбусовый ключ для крепления насадок; поставка со струбиной.

<http://instrument.ru/>
● #943

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Артикул	94205
Модель	DWP-1500
Максимальная мощность	1500 Вт
Напряжение / Частота	220 В / 50 Гц
Диапазон рабочих температур	260-300°C
Размеры насадок	20, 25, 32, 40, 50, 63 мм
Масса брутто	4 кг

Сопоставление сварочно-технологических свойств проволоки Св-08Х20Н9Г7Т с ее зарубежными аналогами

В. Д. Позняков, чл.-кор. НАНУ, А. А. Гайворонский, д.т.н., А. В. Клапатюк, А. М. Денисенко, ИЭС им. Е. О. Патона НАНУ (Киев)

Проведена сравнительная оценка сварочно-технологических свойств проволоки Св-08Х20Н9Г7Т (ОАО «ИЖСТАЛЬ») и ее зарубежных аналогов, Thermanit X (УТР А63) (Böhler GmbH) и Ok Autrod 16.95 (ESAB AB), при механизированной сварке в среде защитных газов. Показана возможность применения зарубежных аналогов в условиях налаженного технологического процесса на предприятиях при сварке в смеси газов Ar + CO₂ (82% + 18%).

При изготовлении ответственных изделий из специальных сталей в различных отраслях промышленности применяется механизированная сварка высоколегированными материалами. Использование последних позволяет качественно сваривать изделия, к которым при эксплуатации предъявляются повышенные требования по обеспечению коррозионной стойкости и жаропрочности. Одним из таких сварочных материалов, нашедших широкое применение на предприятиях, является проволока сплошного сечения марки Св-08Х20Н9Г7Т (ГОСТ 2246). Она отличается высокими сварочно-технологическими свойствами как при автоматической сварке под слоем флюса, так и при механизированной сварке в среде углекислого газа и смеси газов на основе аргона. Проволоку Св-08Х20Н9Г7Т применяют при сварке изделий из высокопрочных среднеуглеродистых легированных сталей. Обусловлено это тем, что в случае использования при сварке последних низколегированных материалов, в соединениях образуются холодные трещины. Чтобы исключить возможность их образования, соединения перед сваркой подогревают до температуры 200–300 °С. Эта операция усложняет технологический процесс, а в некоторых случаях является трудно реализуемой. При использовании для сварки высокопрочных среднеуглеродистых легированных сталей проволоки марки Св-08Х20Н9Г7Т риск образования холодных трещин резко снижается. Она все более широко используется при сварке склонных к образованию холодных трещин высокопрочных сталей, в особенности при изготовлении соединений, к которым не предъявляются требования равнопрочности.

К зарубежным аналогам проволоки Св-08Х20Н9Г7Т можно отнести проволоки марки Thermanit X (УТР А63) фирмы Böhler (Австрия) и марки Ok Autrod 16.95 фирмы ESAB (Швеция). По содержанию основных легирующих элементов, таких как кремний, марганец, хром и никель эти проволоки сопоставимы с проволокой Св-08Х20Н9Г7Т. Однако в их составе отсутствует титан. В связи с этим предприятия-изготовители проволоки

Thermanit X (УТР А63) и Ok Autrod 16.95 рекомендуют применять их без ограничений при сварке под слоем флюса, а для сварки в смеси защитных газов использовать защитную смесь, состоящую из 98% Ar и 2% CO₂. В отечественном же производстве при механизированной сварке в качестве защитной среды наиболее широко используется углекислый газ или смесь газов Ar + CO₂ (82% + 18%). Поэтому возникла необходимость в проверке сварочно-технологических свойств и оценке возможности применения указанных сварочных материалов в условиях налаженного на предприятиях технологического процесса.

Для сравнительных исследований были выбраны проволоки марки Св-08Х20Н9Г7Т (ОАО «ИЖСТАЛЬ»), Thermanit X (УТР А63) (Böhler GmbH) и Ok Autrod 16.95 (ESAB AB) диаметром 1,2 мм. Их химический состав приведен в *табл. 1*. Следует отметить, что проволока Св-08Х20Н9Г7Т подвергалась электрохимическому травлению, а поверхности проволоки Thermanit X (УТР А63) и Ok Autrod 16.95 полировали после травления.

На *первом этапе работы* исследования проводились в соответствии с методикой, по которой оценивали производительность процесса сварки (Q , г/с) и коэффициент потерь (Ψ , %) при сварке разными материалами. Пластины очищали от окалины, следов ржавчины и загрязнений, определяли ее вес (M_{01}) и вес проволоки ($M_{ПР1}$) до наплавки с точностью до 0,1 г. С целью обеспечения стабильности режимов и вылета электрода (24 мм) наплавку выполняли на автомате типа А-1416. После наплавки пластину очищали от брызг, определяли вес образца с наплавленным металлом (M_{02}) и остатка проволоки ($M_{ПР2}$). На основании полученных данных рассчитывали производительность процесса сварки и коэффициент потерь по формулам:

$$Q = (M_{02} - M_{01}) / t, \text{ г/с} \quad (1)$$

где t — время наплавки, которое составля-

ло примерно 48 с (наплавка валика длиной ~ 200 мм с постоянной скоростью 15 м/ч).

$$\Psi = \frac{(M_{\text{ПР1}} - M_{\text{ПР2}}) - (M_{02} - M_{01})}{(M_{\text{ПР1}} - M_{\text{ПР2}})} \times 100, \% \quad (2)$$

Учитывая, что сварку проволокой Св-08Х20Н9Г7Т Ø1,2 мм в среде защитных газов на предприятиях выполняют преимущественно на токах от 140 А до 220 А, для оценки сварочно-технологических свойств были приняты следующие режимы наплавки:

- пониженный – $I_{\text{св}} = 140\text{--}160$ А, $U_{\text{д}} = 22\text{--}24$ В;
- средний (оптимальный) – $I_{\text{св}} = 160\text{--}180$ А, $U_{\text{д}} = 26\text{--}27$ В;
- повышенный – $I_{\text{св}} = 200\text{--}220$ А, $U_{\text{д}} = 28\text{--}30$ В.

Скорость наплавки во всех случаях оставалась неизменной и равнялась $V_{\text{св}} = 15$ м/ч. Для сравнения наплавку выполняли в среде углекислого газа и в смеси газов Ar + CO₂ (82% + 18%). Технологические пластины размером 250×80×10 мм для наплавки изготавливали из высокопрочной стали типа 30Х2Н2М. На каждом из режимов было наплавлено по три образца. Общий вид образцов, наплавленных сравниваемыми проволоками на среднем (оптимальном) режиме, представлен на рис. 1. Обобщенные результаты исследований приведены в табл. 2.

Как видно из табл. 2, показатели производительности процесса, выполненные сравниваемыми сварочными материалами в смеси газов, достаточно близки и находятся в диапазоне 0,57–0,65 г/с при сварке на пониженном режиме, 0,85–0,97 г/с при сварке на среднем (оптимальном) режиме и 1,0–1,1 г/с при сварке на повышенном режиме. При этом есть существенная разница по показателю потерь расплавленного электродного металла на разбрызгива-

ние в зависимости от режима сварки. При сварке проволокой Св-08Х20Н9Г7Т на пониженном режиме потери наименьшие ($\Psi = 7\%$). При аналогичных условиях сварки проволоками Thermanit X (UTP А63) и ОК Autrod 16.95 потери расплавленного электродного металла на разбрызгивание выше и составляют соответственно 10% и 10,7%. Следует отметить, что при сварке в смеси газов Ar + CO₂ (82% + 18%) проволокой Св-08Х20Н9Г7Т горение дуги более стабильное, чем при сварке проволоками Thermanit X (UTP А63) и ОК Autrod 16.95. По-видимому, это связано с наличием в проволоке Св-08Х20Н9Г7Т титана, который стабилизирует термодинамические процессы плавления электродного металла.

При увеличении сварочного тока от 140 А до 220 А производительность процесса сварки для всех проволок повышается до 1,0–1,1 г/с. При этом, при сварке проволокой Св-08Х20Н9Г7Т размер капель электродного металла увеличивается и коэффициент потерь расплавленного металла на разбрызгивание повышается до 9%. В то же время, при сварке проволоками Thermanit X (UTP А63) и ОК Autrod 16.95 при аналогичных условиях процесс сварки стабилизируется, и потери расплавленного электродного металла на разбрызгивание снижаются соответственно до 7,7% и до 8,1%. Это, вероятнее всего, связано с состоянием поверхности проволок. Проволоки Thermanit X (UTP А63) и ОК Autrod 16.95, в отличие от Св-08Х20Н9Г7Т, кроме электрохимического травления поверхности, проходят про-

Таблица 1. Химический состав сварочных материалов

Сварочный материал	Массовая доля элементов, %								
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Ti	S	P
Св-08Х20Н9Г7Т	0,09	0,63	5,70	19,62	9,59	0,15	0,75	0,012	0,020
Thermanit X(UTP А63)	0,07	0,80	6,90	18,8	9,0	≤0,10	–	0,009	0,016
ОК Autorod 16.95	0,07	0,90	6,90	17,9	8,5	0,20	–	0,010	0,020

Таблица 2. Производительность процесса сварки (Q, г/с) и коэффициент потерь (Ψ, %) при сварке сравниваемыми сварочными материалами

Марка проволоки	Защитная среда	Режимы сварки		Показатели свойств	
		I, А	U, В	Q, г/сек	Ψ, %
Св-08Х20Н9Г7Т	Ar+CO ₂	140–160	22–24	0,6	7
		160–180	26–27	0,91	8,7
		200–220	28–30	1,1	9
	CO ₂	140–160	22–24	0,87	9,25
		160–180	26–27	0,97	9
		200–220	28–30	1,15	8,7
Thermanit X (UTP А63)	Ar+CO ₂	140–160	22–24	0,61	10
		160–180	26–27	0,97	9,1
		200–220	28–30	1,0	7,7
	CO ₂	140–160	22–24	0,57	12,3
		160–180	26–27	0,71	9
		200–220	28–30	0,99	8,3
ОК Autrod 16.95	Ar+CO ₂	140–160	22–24	0,65	10,7
		160–180	26–27	0,85	8,3
		200–220	28–30	1,0	8,1

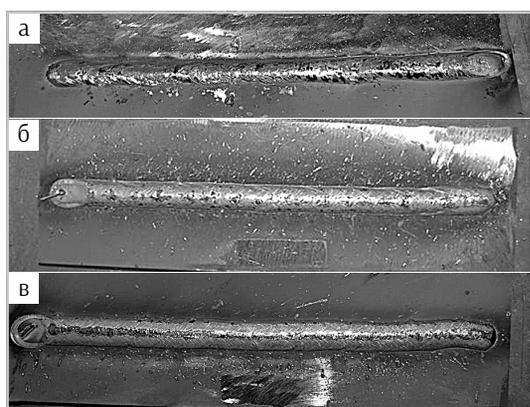


Рис. 1. Образцы с наплавкой, выполненной в смеси газов Ar + CO₂ (82% + 18%) на оптимальном режиме: а – Св-08Х20Н9Г7Т; б – Thermanit X (UTP А63); в – ОК Autrod 16.95

цедуру полировки, что положительно сказывается на качестве контакта в наконечнике мундштука. Можно допустить, что если бы проволока Св-08Х20Н9Г7Т также была полирована, то потери расплавленного электродного металла на разбрызгивание были бы в 1,5 раза ниже.

При сварке в смеси газов всеми сравнимаемыми проволоками на поверхности шва образуется небольшой налет шлака, который легко удаляется щеткой.

При механизированной сварке проволокой Thermanit X (УТР А63) в среде углекислого газа на пониженном режиме коэффициент потерь расплавленного металла на разбрызгивание возрастает до 12,3%. Отмечается нестабильность процесса горения дуги и повышенное разбрызгивание расплавленного электродного металла. С увеличением тока до 220 А процесс несколько стабилизируется, показатели производительности процесса и потерь приближаются к таким, как и при сварке проволокой Св-08Х20Н9Г7Т. Но отделимость шлаковой корки существенно отличается: при сварке проволокой Св-08Х20Н9Г7Т шлаковая корка отделяется самопроизвольно, а при сварке проволокой Thermanit X (УТР А63) шлаковая корка сама не отделяется и требуется тщательная механическая очистка валика.

Проведенные исследования показали, что механизированную сварку изделий на отечественных предприятиях проволоками Thermanit X (УТР А63) и ОК Autrod 16.95 необходимо выполнять только в смеси газов, допускается применение смеси Ar + CO₂ в соотношении 82% + 18%. Сварку рекомендуется выполнять на токах не ниже 160 А.

При наплавке образцов визуально оценивали качество формирования шва. Установлено, что при всех вариантах сварки формирование поверхности швов характеризуется как литое мелкочешуйчатое. При этом, при сварке проволокой Св-08Х20Н9Г7Т формируется шов с более плавными переходами к основному металлу.

На *втором этапе работы* оценивали влияние режимов сварочного процесса на геометрические параметры швов

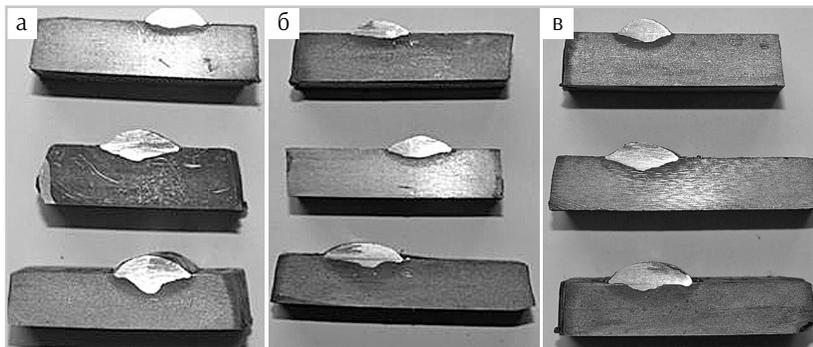


Рис. 2. Макрошлифы образцов с наплавкой, выполненные механизированной сваркой в смеси газов Ar + CO₂ (82% + 18%): а – Св-08Х20Н9Г7Т; б – Thermanit X (УТР А63); в – ОК Autrod 16.95.

при применении различных проволок. Это особенно важно при выборе конструктивного исполнения соединений и режимов сварки, которые бы обеспечили их гарантированный провар и высокое качество. Для этого изготавливали макрошлифы из центральной части каждого образца с наплавкой и измеряли геометрические размеры швов – ширину шва (В), усиление шва (Н) и глубину проплавления (h). Типичные макрошлифы образцов с наплавками, выполненными в смеси газов, приведены на *рис. 2*. Последовательность расположения макрошлифов на рисунке сверху вниз – от пониженного (верхний шлиф) до повышенного режима (нижний шлиф). Обобщенные результаты измерений геометрии швов приведены в *табл. 3*.

Проведенные измерения показали, что глубина проплавления при механизированной сварке проволокой Св-08Х20Н9Г7Т на среднем (оптимальном) и повышенном режимах в 1,7–2,1 раза больше, чем при сварке проволоками Thermanit X (УТР А63) и ОК Autrod 16.95. Это говорит о том, что при сварке типовых соединений изделий, которые согласно отечественной нормативной документации выполняются с полным проваром, будут трудности.

Для получения качественных сварных соединений изделий, выполненных механизированным способом сварки в смеси газов Ar + CO₂ (82% + 18%) проволоками Thermanit X (УТР А63) и ОК Autrod 16.95, в условиях налаженного технологического процесса на предприятиях необходимо вводить изменения в конструктивное исполнение соединений. В частности, надо уменьшать величину притупления и увеличивать ширину зазора в соединениях в пределах допустимого допуска согласно ГОСТ 14771.

Таблица 3. Влияние способа и режима сварки на геометрию шва

Марка проволоки	Защитная среда	Режимы сварки		Параметры шва		
		I, А	U, В	B, мм	H, мм	h, мм
Св-08Х20Н9Г7Т	Ar+CO ₂	140–160	22–24	10,6	3,2	1,5
		160–180	26–27	13,0	2,8	2,2
		200–220	28–30	13,5	3,2	3,3
Thermanit X (УТР А63)	Ar+CO ₂	140–160	22–24	11,2	2,1	1,4
		160–180	26–27	12,5	2,5	1,4
		200–220	28–30	15,2	2,9	1,7
ОК Autrod 16.95	Ar+CO ₂	140–160	22–24	10,7	2,7	1,5
		160–180	26–27	13,4	2,6	1,8
		200–220	28–30	14,5	3,2	1,9

Электронно-лучевые технологии в сварочном производстве*

Г. И. Лашенко, канд. техн. наук, НТК «Институт электросварки им. Е. О. Патона» НАНУ (Киев)

Электронно-лучевая наплавка и оплавление. Существенное отличие электронно-лучевой наплавки (ЭЛН) от дуговой, плазменной и лазерной состоит в том, что технологический процесс наплавки протекает в вакууме, а плотность мощности источника нагрева можно регулировать в достаточно широких пределах [4] («Сварщик» № 4–2015).

Вакуумная защита расплавленного металла обеспечивает эффективное рафинирование основы и наплавляемого порошка от газовых примесей, а локальный нагрев и малые объемы жидкого металла минимизируют поводку и коробление деталей при обеспечении высокой прочности сцепления покрытия и основы.

При ЭЛН стальных деталей используют самофлюсующиеся порошки на основе никеля, высокохромистого чугуна, а также композиционные порошки, получаемые спеканием в вакууме механических смесей карбида титана с порошками других металлов и сплавов.

Отмечают, что покрытия после ЭЛН имеют твердость примерно на 5 единиц выше твердости, получаемой при газотермическом способе нанесения покрытий [4]. При этом пористость покрытий невелика и в 4–7 раз меньше пористости, получаемой при напылении с последующим оплавлением. Граница «покрытие-основа» бездефектна и практически неразличима на нетравленных шлифах.

После электронно-лучевой наплавки слои не растрескиваются в отличие от напыленных и не отслаиваются в результате воздействия интенсивных многоцикловых нагружений. Возможна многократная наплавка после повторной шлифовки наплавленных деталей.

Считается [14] («Сварщик» № 1–2016), что особенно актуальным является практическое применение ЭЛН высоколегированных порошковых сплавов на основе системы Ni-Cr-B-Si для ремонта и восстановления изношенных поверхностей тяжело нагруженных деталей: коленчатых и распределительных валов двигателей внутреннего сгорания, крестовин, шаровых опор, толкателей распределительного валика, ступиц шкивов клиноременных передач, ходовых винтов и др.

Электронно-лучевую наплавку используют для восстановления зоны кольцевых канавок под компрессионные кольца поршней из литейных алюминиевых сплавов типа АЛ4, АЛ9, АЛЮ, АЛ25 и др., эксплуатирующихся при знакопеременных динамических нагрузках и высоких температурах [4]. Поршни из силумина АЛ25 наплавляют проволокой Св-АМг6 при ускоряющем напряжении 28 кВ, силе тока электронного пучка 40 мА и линейной скорости перемещения поршня 5 мм/с. При этом формируется новый практически беспористый материал с высокой степенью дисперсности и однородности.

Электронно-лучевая наплавка проволокой Св-АМг6 позволяет получить более твердое (свыше 7%) и прочное

(свыше 60%) по сравнению с исходным силумином АЛ25 покрытие с мелкозернистой структурой повышенной износостойкости и усталостной прочности.

Процесс электронно-лучевого оплавления (ЭЛО) в отличие от электронно-лучевой наплавки протекает без подачи присадочного материала. ЭЛО используют также для упрочнения зон кольцевых канавок алюминиевых поршней под компрессионные кольца.

Технология упрочнения поршней из алюминиевых заэвтектоидных сплавов типа АК21М2,5Н2,5 заключается в электронно-лучевом переплаве слоя металла в том месте поршня, где в последующем выполняют проточку кольцевой канавки необходимого геометрического размера [14].

Предпочтительным является этот способ упрочнения в качестве одной из технологических операций при производстве поршней, полученных способом литья в кокиль. Перед упрочнением заготовку поршня очищают от грязи, пыли, масла, затем закрепляют в приспособлении для обеспечения вращения вокруг своей оси. После закрепления проводят герметизацию вакуумной камеры до необходимого остаточного давления (не более 0,01 Па) и выполняют упрочнение с легированием или без него.

Основными проблемами при ЭЛО в вакууме высококремнистого поршневого сплава является растрескивание зоны перепада и высокий уровень остаточной пористости металла. Эти проблемы были решены путем оптимизации режимов ЭЛО и сканированием электронного пучка по заданной траектории с амплитудно-частотными характеристиками [14].

Результаты производственных испытаний упрочненных поршней при работе на форсированных дизелях показали повышение их моторесурса в 3 раза.

Наплавку и оплавление электронным пучком целесообразно применять в тех случаях, когда обеспечивается получение качественно новых результатов по сравнению с другими альтернативными способами, а также при невозможности применения других способов обработки.

Электронно-лучевая резка и сверление. Электронно-лучевая резка (ЭЛР) и сверление (ЭЛСв) выполняются высоко-

* Продолжение. Начало в № 4, 5, 6–2015 и № 1–2016

концентрированным аксиально-симметричным пучком при плотности мощности около 5×10^6 Вт/мм². Пучок фокусируется на обрабатываемой поверхности и выплавляет металл в точке приложения.

Различают центробежную и линейную ЭЛР [4].

Центробежную ЭЛР заготовок и деталей цилиндрического типа выполняют при их высокоскоростном вращении (рис. 15). Под действием электронного пучка и центробежной силы происходит послойное мелкокапельное удаление металла при непрерывном вращении. Ширина реза не превышает 2,5 мм, а шероховатость поверхности не менее 160–250 мкм.

При линейной разделительной ЭЛР рез формируется за один проход (рис. 16). На оптимальных режимах ширина реза минимальна, а качество его поверхности высокое.

Электронно-лучевую резку используют при размерной обработке для получения тонких пазов, щелей и прорезей размерами от

нескольких микрометров до десятков микронов в материалах малых толщин (пленки, фольга).

Установки для прецизионной обработки обычно работают при ускоряющих напряжениях 150 кВ и выше и небольшой силе тока пучка.

Относительная обрабатываемость различных материалов электронно-лучевым способом характеризуется следующими значениями [2] («Сварщик» № 4–2015):

Алюминий	1,0	Медь	1,45
Вольфрам	0,13	Молибден	0,115
Железо	8,6	Стекло	50,0
Кварц	29,0	Титан	14,3
Константан	0,72	Ферриты	57
Латунь	0,36		

При увеличении толщины металла сила тока пучка растет. Характеристика электронно-лучевой резки некоторых толстолистовых материалов приведены в табл. 8 [4].

Таблица 8. Характеристика электронно-лучевой резки некоторых листовых металлов (при $U_{\text{уск}} = 60$ кВ)

Металл	Толщина, мм	Сила тока электронного пучка, мА	Скорость резки, мм/с	Ширина реза, мм
Титановый сплав	20	200	15	0,7
	50	450	15	1,5
	60	350	10	1,8
Медь	50	500	15	1,5
Высокопрочная сталь	30	250	10	1,5
	60	450	10	2,0
Жаростойкий никелевый сплав	30	200	7,5	2,0

Рекомендуемые области применения ЭЛР:

- резка химически активных и тугоплавких металлов и сплавов;
- резка в труднодоступных местах;
- резка различных материалов и изделий на предприятиях, имеющих сварочное электронно-лучевое оборудование.

Сверление отверстий электронным пучком носит импульсный, динамический характер [4]. При этом электронный пучок должен иметь резко очерченную форму и диаметр в диапазоне 0,01–0,2 мм при ускоряющем напряжении 60–150 кВ (плотность мощности 10^7 – 10^8 Вт/см²). Применяют два режима сверления: моноимпульсный и многоимпульсный. В первом случае отверстие образуется за один импульс тока электронного пучка, а во втором – за два и более импульсов. В моноимпульсном режиме можно сверлить отверстия в сталях толщиной 0,1–10 мм, а в многоимпульсном режиме – в сталях толщиной до 50 мм.

Образование отверстия в металле происходит за счет интенсивного вскипания расплавляемого высококонцентрированным электронным пучком металла и выброса расплава реакцией отдачи при испарении металла. Учитывая особенности процесса, все механизмы и устройства внутри вакуумной камеры должны быть защищены от воздействия капель и брызг металла.

Электронно-лучевое сверление используют для производства разнообразных фильтрующих элементов, фильер для изготовления тонкого стекловолокна, лопаток газовых турбин, воздухопроводов, оборудования для переработки пластмасс, сита для просеивания порошков, очистителей сахара, центрифуг и др.

● #945

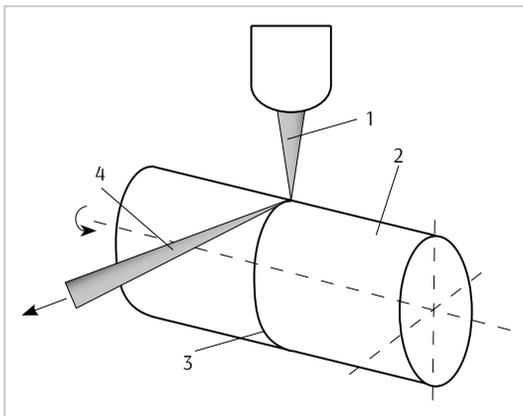


Рис. 15. Схема выполнения резки тел вращения: 1 – электронный пучок, 2 – разрезаемая деталь, 3 – рез, 4 – поток удаляемого расплава

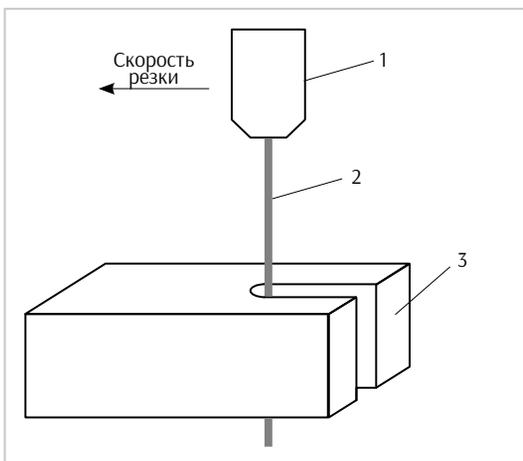


Рис. 16. Схема выполнения линейной резки: 1 – электронная пушка, 2 – электронный пучок, 3 – разрезаемое изделие



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: e-mail: demuv@ukr.net, позвонить по тел. +38(044) 200 80 88. На Ваши вопросы ответит кандидат технических наук, Международный инженер-сварщик (IWE) Юрий Владимирович ДЕМЧЕНКО.

Техника выполнения швов*

Сварка таврового соединения в вертикальном положении многопроходным угловым швом. Сварка данного соединения производится снизу вверх, обычно на обратной полярности, но иногда для этих целей используется и прямая полярность. Сварной шов можно выполнять узкими валиками без поперечных колебаний (рис. 28, а), но значительно чаще он выполняется с поперечными перемещениями электрода (рис. 28, б).

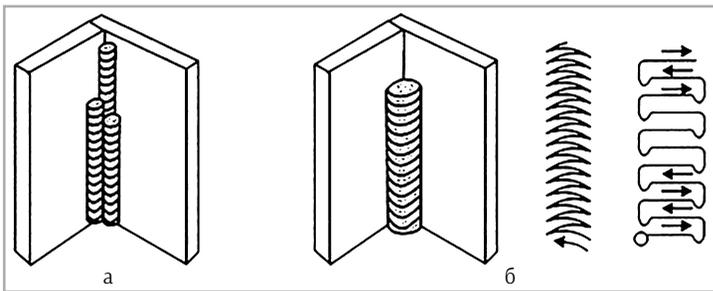


Рис. 28. Многопроходный шов, выполненный узкими валиками: а – без поперечных колебаний электрода, б – с поперечными колебаниями

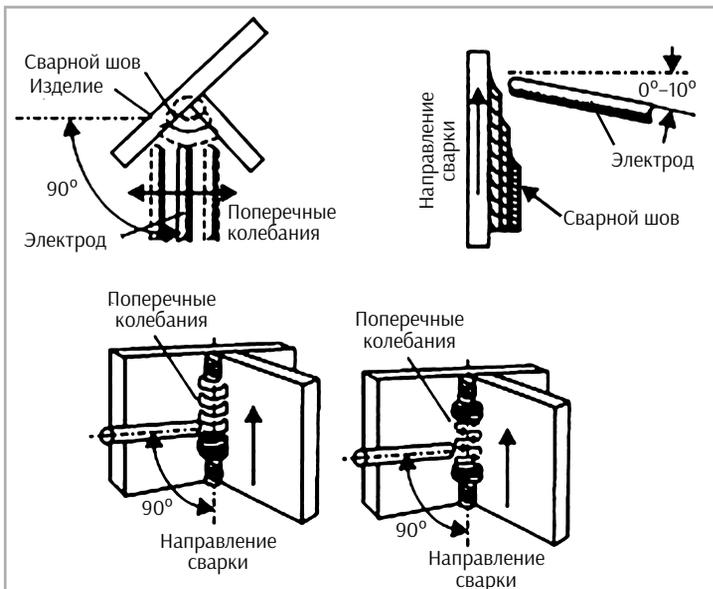


Рис. 29. Положение электрода при сварке таврового соединения в вертикальном положении многопроходным угловым швом

При сварке многопроходного углового шва с поперечными колебаниями *первый проход* аналогичен выполнению однопроходного шва, выполняется без поперечных перемещений электрода или в некоторых случаях с небольшими поперечными колебаниями (рис. 28, б). Положение электрода при *втором проходе* должно соответствовать изображенному на рис. 29. Сварочный ток должен быть достаточным для обеспечения гарантированного проплавления в корневой части соединения и сплавления с кромками.

В процессе сварки необходимо поддерживать электрод над поверхностью сварочной ванны, перемещать сварочную ванну вверх, одновременно сдвигая ее в стороны, поочередно то влево то вправо. Равномерные перемещения сварочной ванны, выполняемые во время сварки, позволяют получить ровную, с малой выпуклостью поверхность сварного шва, а кратковременные остановки электрода в крайних точках поперечных перемещений предотвратят появление подрезов. Во время сварки необходимо поддерживать короткую дугу, но избегать касания электрода с расплавленным металлом сварочной ванны.

Положение электрода при сварке *третьего прохода* аналогично второму проходу. При применении электрода большого диаметра и необходимости увеличения сварочного тока желательно ускорять перемещение электрода вверх по достижении сварочной ванной крайней точки траектории поперечных колебаний. Нужно также обращать внимание на продолжение горения дуги во время всех этих перемещений. При перемещении дуги вверх ее необходимо растягивать. После достаточ-

* Продолжение. Начало в № 1, 2, 3, 4, 5, 6 – 2015 и № 1 – 2016

ного охлаждения сварочной ванны электрод возвращается к кратеру, и производится наплавка дополнительного металла.

Во время сварки необходимо поддерживать постоянство ширины траектории поперечных колебаний, следить за тем, чтобы она не превышала ширину законченного шва.

Сварка стыкового соединения со скосом кромок на подкладке в вертикальном положении. Данный тип соединения довольно часто встречается при строительстве трубопроводов, сосудов высокого давления, а также в судовых конструкциях. Сварка производится на обратной полярности снизу вверх.

Первый проход. Сварочный ток должен быть большим. Положение электрода должно соответствовать изображенному на рис. 30. При сварке используется техника наплавки узких валиков в вертикальном положении без поперечных колебаний. Корневая часть шва должна иметь хорошее сплавление с подкладкой и с поверхностями обеих кромок.

При сварке необходимо следить за тем, чтобы лицевая поверхность шва была максимально плоской. Если в сварном соединении зазор в корне шва очень широк, то необходимо сделать два или три прохода, чтобы выполнить подварочный шов. В процессе сварки необходимо обращать внимание на то, чтобы все наложенные слои имели хорошее сплавление друг с другом.

Второй проход. Сварочный ток не должен быть слишком большим. При выполнении шва используется техника сварки с поперечными колебаниями электрода. В качестве направляющих, по которым можно определять ширину поперечных колебаний, используются кромки ранее наплавленных валиков. При выполнении сварки необходимо следить за тем, чтобы поверхность сварного шва была плоской, избегать появления подрезов. Сварной шов не должен иметь острых кромок, поскольку в таких кромках могут образовываться зашлаковки.

Третий проход. Величина сварочного тока должна быть такой, чтобы обеспечивались не только хорошее проплавление и сплавление, но и малая выпу-

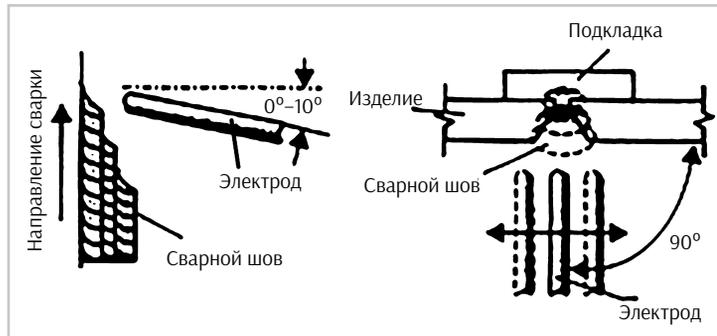


Рис. 30. Положение электрода при сварке стыкового соединения со скосом кромок на подкладке в вертикальном положении

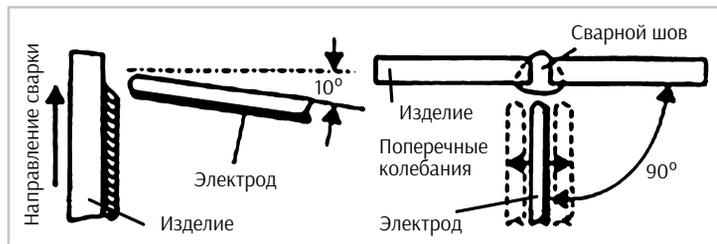


Рис. 31. Положение электрода при сварке стыкового соединения без скоса кромок в вертикальном положении

кłość сварного шва. Поперечные колебания электрода не должны выходить за пределы скошенных кромок разделки. Во избежание появления подрезов необходима задержка электрода в крайних точках траектории поперечных колебаний. Для предотвращения появления излишней выпуклости сварного шва скорость сварки должна быть достаточно большой.

Сварка стыкового соединения без скоса кромок в вертикальном положении. Сварка данного соединения производится снизу вверх на обратной полярности многопроходным швом. Техника сварки корневого прохода с большим зазором в стыковом соединении без скоса кромок достаточно сложна.

Первый проход. Сварочный ток должен быть не слишком большим, но вместе с тем достаточным для гарантированного проплавления корневого части соединения и образования на обратной стороне стыка небольшой выпуклости. Положение электрода должно соответствовать изображенному на рис. 31. При сварке первого прохода используется техника сварки узкими валиками без поперечных колебаний электрода. Необходимо добиться получения на обратной стороне корня шва небольшой выпуклости.

Второй проход. Значение сварочного тока и положение электрода практически не отличаются от аналогичных показателей при сварке первого прохода. Нельзя производить поперечные колебания со слишком большой амплитудой. Скорость перемещения электрода должна быть такой, чтобы не возникла избыточная выпуклость шва и не образовывались подрезы.

Технологии послесварочной обработки металлоконструкций поверхностным пластическим деформированием

Г. И. Лашенко, канд. техн. наук, НТК «ИЭС им. Е. О. Патона» НАНУ (Киев)

В процессе сварки и последующего охлаждения в сварном соединении металлоконструкции протекают сложные термомеханические процессы, обуславливающие образование временных напряжений, которые, в конечном итоге, после полного охлаждения переходят в остаточные.

Основными факторами, определяющими величину остаточных напряжений при сварке плавлением, являются локальное расплавление металла, развитие пластических деформаций вследствие неравномерного нагрева и структурные превращения в сварном соединении [1].

Под влиянием остаточных напряжений формируются остаточные деформации коробления.

Эти и другие проявления вредного влияния остаточных напряжений при сварке оказывают отрицательное воздействие на точность, выносливость при динамических нагрузках, коррозионную стойкость и эксплуатационную надежность сварных конструкций различного назначения. Негативное влияние остаточных напряжений на сварную конструкцию не всегда удается минимизировать с помощью до-сварочных, а также выполняемых в процессе сварки операций. Поэтому во многих случаях прибегают к послесварочной обработке. В последние годы активизировались работы по совершенствованию малоэнергоемких технологий послесварочной обработки [2]. Благодаря своей простоте, доступности и экономичности особый интерес в этом плане вызывают технологии с использованием поверхностного пластического деформирования.

Сущность упомянутых технологий сводится к компенсации послесварочных пластических деформаций укорочения посредством осадки металла сварного соединения в перпендикулярном направлении (прокатка, пневмоструйная обработка, проковка). Ниже приведены технологические особенности и возможности упомянутых способов обработки.

Прокатка сварных соединений. Прокатка основывается на перераспределении по поперечному сечению сварного соединения остаточных напряжений посредством осадки [3]. При этом происходит равномерное удлинение металла и компенсация деформаций укорочения деформациями удлинения. Прокатка осуществляется за один или несколько пропусков прокатываемой зоны между деформирующими роликами. В случае многопроходной прокатки предпочтение отдают увеличению ширины прокатываемой зоны, а не увеличению деформации в одной и той же зоне повторным деформированием.

Различают два назначения прокатки. Первое — устранение остаточных напряжений и деформаций. Второе — упрочнение шва и заглаживание концентраторов напряжений в сварных соединениях. Для устранения остаточных напряжений и деформаций степень деформирования сварного шва и околошовной зоны не превышает десятые доли процента.

При обработке материалов, у которых напряжения в зоне сварки имеют величины, близкие к пределу текучести σ_T , осадка (относительная деформация) по толщине составляет $1,7-2 \times \sigma_T / E$, где E — модуль упругости первого рода.

Заглаживание усиления и упрочнение металла шва осуществляется при значительных усилиях на роликах, при степени деформации в несколько процентов.

Прокатка с малыми степенями деформации есть не что иное, как средство создания наклепа в поверхностных слоях металла, в частности на поверхностях сварного шва или околошовной зоны. Поэтому отмечают положительное влияние прокатки именно на прочность при переменных нагрузках.

Прокатка сварных соединений из сталей X18H12C4T, X15H5D2T, сплавов ВТЛ, ОТ 4, АМг6, Д20 и др. повышает предел выносливости сварных соединений при вибрационных нагрузках в среднем на 10–15%, а при малоцикловых нагрузках — не более чем на 10% [3].

В то же время наклеп поверхностного слоя при прокатке приводит к некоторому снижению угла загиба.

При больших величинах холодной деформации пределы текучести, прочности и твердости металла сварного соединения заметно повышаются.

Из-за громоздкости оборудования и некоторых технологических сложностей и ограничений холодная прокатка сварных соединений не получила широкого промышленного применения.

Известно применение прокатки кристаллизующегося и остывающего после сварки металла. В частности, авторы [4] исследовали возможность уменьшения количества пор в сварных швах, выполненных на образцах и реальных конструкциях из титанового сплава ПТ-ЗВ аргонодуговой сваркой вольфрамовым электродом. Обжатию охлажденным роликом подвергался металл, находящийся в двухфазной зоне: ликвидус T_L — солидус T_C (рис. 1). При оптимальном режиме деформирования (15–20%) в шве формируется мелкозернистая однородная структура, плотность которой на 1,06% выше плотности недеформированного металла. При этом содержание водорода в шве снижается на 15%, частота появления пор уменьшается от 63,5 до 1%, а их размеры — в 2 раза. Кроме того, существенно повышаются прочностные и пластические показатели сварного соединения, сопротивляемость материала циклическим нагрузкам при работе в коррозионной среде.

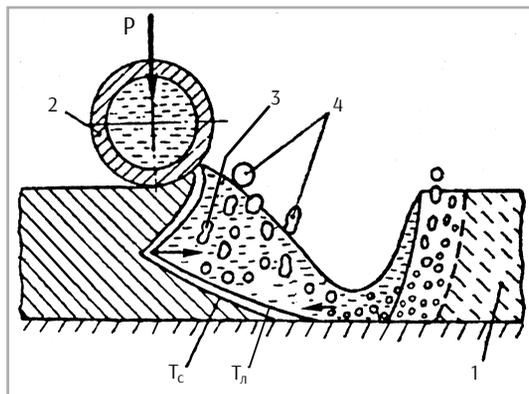


Рис. 1. Схема высокотемпературной прокатки в процессе сварки: 1 — свариваемое изделие; 2 — ролик; 3 — сварочная ванна; 4 — пузырьки газа; P — давление ролика; T_C — зона солидуса; T_L — зона ликвидуса

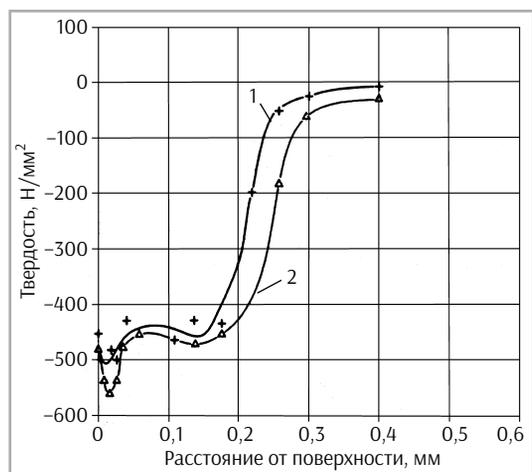


Рис. 2. Микротвердость металла на различных расстояниях от поверхности: 1 — основной металл; 2 — ЗТВ

Пневмоструйная обработка. В отечественной литературе также используют термин «дробеструйная обработка» или «дробеструйный наклеп», в немецкой «Kugelstrahlverfahren», а в английской — «Shot Peening». При пневмоструйной обработке происходит преобразование энергии сжатого воздуха в кинетическую энергию фрагментированных частиц, подаваемых в сопло аппарата [2].

В качестве рабочего материала чаще всего используют закаленную металлическую дробь, электрокорунд или стеклянные шарики.

Струя частиц характеризуется скоростью и углом рассеивания. Пространственный угол рассеивания струи частиц из сопла струйного аппарата является постоянной величиной, составляющей 20–30°. Скорость частиц зависит от их массы и размера, давления сжатого воздуха, конструкции сопла и может превышать 70 м/с.

Струйную обработку используют для тех же целей, что и другие способы поверхностного пластического деформирования. Технология струйной обработки позволяет устранять концентраторы напряжений в зоне перехода от шва к основному металлу и формировать за счет наклепа благоприятные сжимающие напряжения. Пневмоструйная обработка стали позволяет получать глубину наклепанного слоя до 0,5–0,8 мм.

Глубина наклепа растет с увеличением давления воздуха и угла атаки струи частиц (угол между осью струи дроби и обрабатываемой поверхностью), достигая наибольшего значения при постоянных параметрах и значениях угла атаки близких к 90°.

На рис. 2 показано формирование сжимающих напряжений на различной глубине от поверхности сварного соединения из стали St E 690 после пневмоструйной обработки [5]. При многократном микроударном воздействии частиц дроби на наклепанную поверхность может наблюдаться явление «перенаклепа», возникающее при неспособности кристаллической решетки металла к дальнейшему упрочнению. Металл разрыхляется, появляются трещины, наблюдается отслаивание и др. Перенаклеп — явление необратимое, поэтому его необходимо избегать за счет соблюдения технологических режимов струйной обработки.

Дробеструйную обработку используют для повышения сопротивления усталости сварных соединений различных металлоконструкций (шнеки, радиальные колеса вентиляторов, балки и др.). На рис. 3 приведены кривые усталости сварных соединений из стали St E 690 тол-

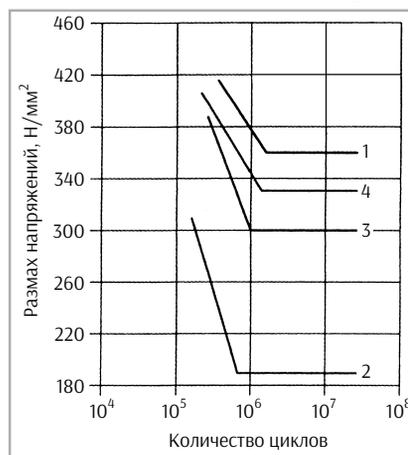


Рис. 3. Кривые усталости сварных образцов из стали St E 690: основной материал — 1; сварное соединение: без обработки — 2; после аргоно-дуговой обработки — 3; после дробеструйной обработки — 4

щиной 9,5 мм после аргонодуговой и дробеструйной обработки [5]. Согласно этим данным дробеструйная обработка почти на 60% повышает сопротивление усталости сварных соединений и по этому показателю заметно превосходит аргонодуговую.

Хорошие результаты обеспечивает дробеструйная обработка и в части повышения коррозионной стойкости [5, 6]. Последняя определяется видом материала, агрессивностью коррозионной среды и величиной растягивающих остаточных напряжений. Одним из направлений повышения коррозионной стойкости является создание в зоне сварного соединения поверхностных сжимающих напряжений. В зависимости от материала сварной конструкции для струйной обработки используют различные режимы и технологические материалы [6]. В *табл. 1* приведены показатели коррозионной стойкости образцов из хромо-никелевой аустенитной стали после пневмоструйной обработки на различных режимах с использованием разных технологических материалов. Характеристики материалов, применяемых при пневмоструйной обработке приведены в *табл. 2*.

Как показывают данные *табл. 1* правильный выбор вида технологического материала и размера его частиц позволяет существенно повысить коррозионную стойкость сварных соединений.

Пневмоструйная обработка является одним из наиболее доступных технологических приемов, позволяющих повышать служебные характеристики сварных соединений и конструкций, но далеко не все производители владеют ее технологическими особенностями и возможностями.

Таблица 1. Коррозионная стойкость сварных образцов из хромо-никелевой стали X10CrNiTi18.9

Способ обработки	Средство обработки	Давление, МПа	Время, с	Срок жизни в кипящем растворе MgCl ₂ при 140 °С, дни										
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Инжекционная струйная обработка	Стекланные шарики	I	0,4	30	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		0,7	30	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
	II	0,4	30	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
		0,7	30	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
	Бикорит	0,4	30	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
		0,7	15	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
0,7		30	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
0,7		60	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
0,7		60*	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Рекурит	I	0,4	30	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
		0,7	30	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
	II	0,4	30	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
		0,7	30	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Не подвергавшиеся струйной обработке				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

* Дополнительно обработаны стальной дробью S70, давление 0,4 МПа в течении 30 с

Таблица 2. Характеристики материалов, применяемых при пневмоструйной обработке

Средство обработки	Материал	Размер частиц, мм	
Стальная дробь	S70	Закаленная сталь	0,18
Стекланные шарики	S390 I	Стекло	1,0 <0,05
Бикорит	II I	Электрокорунд (с 0,15 % Fe ₂ O ₃)	0,10–0,20 <0,12
Рекурит	II	Электрокорунд (с 0,15 % Fe ₂ O ₃)	0,25–0,50

Проковка пневматическим и электромагнитным инструментом. Проковка является одной из разновидностей поверхностного пластического деформирования наплавленного металла и металла зоны термического влияния (ЗТВ) сварных соединений с целью изменения их механических свойств, формы и регулирования величины остаточных напряжений. Прокровку можно проводить по горячему металлу сразу после сварки или после его остывания. Во всех случаях уменьшение толщины металла вызывает расширение его в перпендикулярном направлении, что снижает напряжения растяжения в зоне проковки и вызывает напряжения сжатия. Прокровка холодного металла сопровождается его наклепом и поверхностным упрочнением. При этом взамен растягивающих формируются сжимающие напряжения. Применяя проковку с целью изменения напряжений, особое внимание следует обращать на возможность ухудшения пластических свойств металла от наклепа.

Согласно [3] скорости деформирования металла, используемые в промышленных технологиях металлообработки, могут быть разделены на три диапазона:

- малые скорости деформирования 1–7 м/с (верхний предел соответствует обычной проковке);
- средние скорости деформирования 6–100 м/с, которые наиболее широко используют в промышленности;
- высокие скорости деформирования – свыше 100 м/с.

Наиболее эффективной является обработка металла в среднем и высоком диапазоне скоростей. Применительно к сварным соединениям В. М. Сагалевицем и Г. Ф. Кондаковым был разработан способ высокоскоростного ударного деформирования с использованием пневматического инструмента, снабженного механическим ускорителем. Этот инструмент позволяет в широком диапазоне изменять начальную скорость и энергию деформирования. Конструктивные особенности механического ускорителя таковы, что с ростом скорости удара при неизменном давлении воздуха энергия единичного удара уменьшается. Частота следования ударных импульсов определяется только давлением сжатого воздуха.

На первых этапах применения проковку проводили посредством чеканки однойкопым инструментом. Однако при использова-

нии обычных однобойковых инструментов в виде пневматического молотка производительность чеканки была низкой.

Позднее были разработаны многобойковые (пучковые) инструменты. Многобойковый инструмент состоит из набора игл диаметром 1–3 мм и длиной 100–180 мм, что позволяет получать глубину наклепанного слоя сталей средней твердости до 3 мм. Производительность при ручной работе с одним пучковым упрочнителем составляет 6–8 м шва в час. Масса ручного многобойкового инструмента от 2 до 11 кг.

Большим преимуществом многобойковых инструментов по сравнению с однобойковыми является возможность обработки швов с большими неровностями: впадины и выступы хорошо проклепываются. Такая возможность появляется в связи со значительной длиной составляющих пучка игл и разной степенью их продольного изгиба в пучковых инструментах. Обработку многобойковым инструментом выполняют без пропусков до появления металлического блеска всей обрабатываемой поверхности сварного шва и ЗТВ. Степень наклепа определяется энергией и числом ударов по обрабатываемой площади.

Позднее были разработаны шарикостержневые упрочнители (ШСУ) [7]. Конструктивная схема ШСУ представлена *рис. 4*.

Подобные устройства ШСУ позволяют:

- повышать на 25–60 % микротвердость обрабатываемой металлической поверхности с максимумом на глубине 300–400 мкм. Толщина наклепанного слоя достигает 600–800 мкм на мягких и 2000–2500 мкм на жестких режимах обработки;
- сформировать в процессе обработки в поверхностном слое металла сжимающие остаточные напряжения, достигающие 200–500 МПа с глубиной залегания — 0,3–1,0 мм. При этом интенсивность формирования остаточных напряжений в 40–120 раз выше по сравнению с обработкой стальными шариками.

Наиболее эффективно применение обработки ШСУ как непосредственно после сварки (черновая обработка), так и после обдирки швов абразивным кругом (чистовая обработка). Предлагается совмещать обработку ШСУ с упрочняющей обработкой сварного шва и околошовной зоны труб большого диаметра, используя соответствующую механизированную установку.

Проведенные испытания сварных соединений показали, что начало образования усталостных трещин на исходных (неупрочненных) образцах происходит после 3000–8000 циклов нагружения, а на образцах упрочненных ШСУ — при 11800 циклах. Отмечается и существенное повышение коррозионной стойкости.

Обработку ШСУ предлагают использовать при изготовлении сварных фланцевых вал-дисков, сварных соединений магистральных нефтегазовых трубопроводов, сварных оснований и станин, а также других изделий [7].

В последние годы в Европе получила распространение разработанная фирмой PITEC GmbH (Heudorf, ФРГ) технология пневматической ударной обработки (PIT (Pneumatic Impact Treatment)) [8]. В отличие от обычной проковки пневматическим молотком в PIT-технологии используют пневматический инструмент, выполненный на основе последних достижений фирмы Festo. В частности, речь идет о так называемом «пневматическом мускуле», выполненном из современных синтетических материалов. Устройство позволяет независимо регулировать как частоту (от 0 до 200 Гц), так и энергию удара. Разработчики утверждают, что по эффективности обработки сварных соединений PIT-технология не уступает ультразвуковой ударной обработке и может использоваться при проведении работ под водой. При этом производственные затраты на 40% ниже. PIT-технология, как и обычную проковку, используют для повышения сопротивления усталости и коррозионной стойкости, упрочнения сварных соединений и др.

Высокая эффективность обработки подтверждена при изготовлении металлоконструкций из сталей S 355 J2, S 690 Q, S 700 MC и др. [8].

Кроме пневматического инструмента для проковки используют также электромагнитные ударные устройства. В [9] сообщается о применении электромагнитной машины ударного действия для обработки сварных соединений. Машина состоит из двух

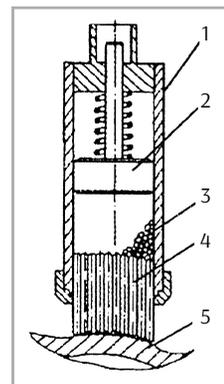


Рис. 4. Схема шарикостержневого упрочнителя: 1 – корпус; 2 – боек; 3 – стальные шарики; 4 – стержни; 5 – обрабатываемая поверхность

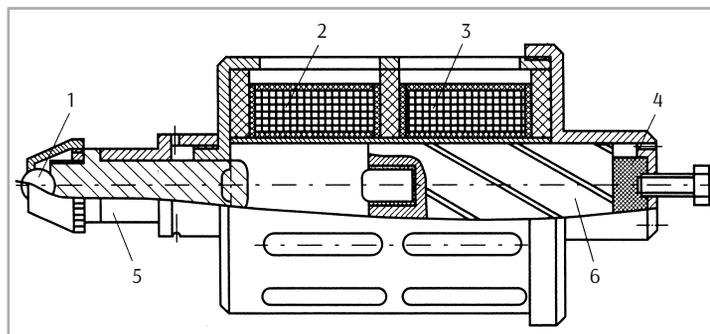


Рис. 5. Схема инструмента ударного действия с электромагнитным приводом: 1 – индуктор; 2 – катушка прямого хода; 3 – катушка обратного хода; 4 – амортизатор; 5 – фланец; 6 – боек

основных узлов: силовой части и ударной системы (рис. 5). Силовая часть представляет корпус с закрепленными в нем катушками прямого и обратного хода. Внутри катушек перемещается стальной сердечник-бойка. Ударная система состоит из индентора и направляющего фланца. В качестве индентора использовали шарик диаметром 10 мм из стали ШХ-15 с термической обработкой до твердости 61 HRC. Рабочий цикл машины включает разгон бойка катушкой прямого хода до соударения его с индентором, возврат бойка в исходное положение катушкой обратного хода и отскок бойка от амортизатора. Ударное воздействие через индентор передается на упрочняемую поверхность детали и обеспечивает деформацию обрабатываемого материала.

Эксперименты, проведенные на сварных соединениях рельсов, выполненных термитной сваркой показали, что с увеличением энергии удара микротвердость обработанной поверхности возрастает, причем значительный прирост микротвердости и глубины упрочнения наблюдается при ударном нагружении с энергией 15–30 Дж (рис. 6). При повышении энергии удара глубина упрочненного слоя увеличивается от 1,2 мм при $T = 5$ Дж до 3,8 мм при $T = 30$ Дж.

Следует отметить, что при обработке пневматическим ударным инструментом энергия удара не превышает 12 Дж, а остаточные напряжения сжатия формируются в случае стали Ст3 на глубине до 2,5 мм.

Таким образом, электромагнитный ударный инструмент позволяет расширить технологические возможности проковки.

Опыт многолетнего промышленного использования поверхностного наклепа, выполняемого ударным пневматическим и электромагнитным инструментом, подтвердил его эффективность для повышения сопротивления усталости сварных соединений разнообразных машин и сооружений (сварные крановые и мостовые конструкции, сварные рамы подвижного состава железных дорог, гребные судовые валы с наплавками, детали машин с ремонтными заварками, наплавками и др.).

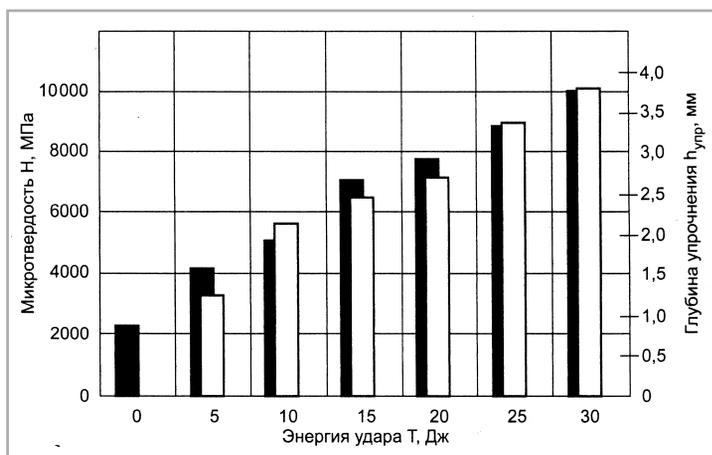


Рис. 6. Зависимость микротвердости поверхностного слоя (■) и глубины упрочненного слоя (□) от энергии удара

Ультразвуковая ударная обработка.

Ультразвуковая ударная обработка (УЗУО), известная в мире как Ultrasonic Impact Treatment, основывается на передаче ультразвуковой энергии в изделие через промежуточный деформирующий элемент, помещенный между торцом концентратора и обрабатываемой поверхностью в небольшом зазоре (0,01–0,05 мм). При такой схеме ввода ультразвуковых колебаний частота ударного воздействия деформирующего элемента в 7–10 раз меньше частоты колебаний излучения, возбуждаемых ультразвуковым генератором. Поэтому УЗУО еще называют «высокочастотной механической проковкой» (ВМП) [10].

В Украине систематические исследования и разработки технологии УЗУО (ВМП) сконцентрированы в ИЭС им. Е. О. Патона и Институте металлофизики им. Г. В. Курдюмова НАНУ.

При УЗУО (ВМП) сварных соединений пластическому деформированию подвергают только зону сплавления шва с основным металлом шириной 4–7 мм, в которой образуется характерная канавка глубиной 0,2–0,5 мм. Благодаря такой обработке увеличивается радиус перехода к основному металлу с одновременным устранением острых подрезов вдоль линии сплавления и формирования остаточных напряжений сжатия, значения которых могут достигать значений предела текучести стали.

Многие специалисты считают, что УЗУО (ВМП) является наиболее эффективной технологией увеличения циклической долговечности и повышения пределов выносливости сварных соединений за счет поверхностного пластического деформирования [2, 10–12].

В зависимости от условий циклического нагружения (асимметрии цикла), основных физико-механических свойств стали, концентрации напряжений, обусловленных формой соединения, остаточных напряжений и других факторов, циклическая долговечность под воздействием УЗУО (ВМП) повышается в 8–10 раз, а предел выносливости на базе $2 \cdot 10^6$ циклов переменных напряжений — на 30–200 %.

При этом достигаемое увеличение циклической долговечности и повышение пределов выносливости сварных соединений обусловлены влиянием следующих факторов:

- снятием растягивающих и образованием в зоне концентраторов остаточных напряжений сжатия;
- уменьшением концентрации рабочих напряжений;
- деформационным упрочнением поверхностного слоя металла с образованием мелкодисперсных структур, в том числе наноструктурированных слоев.

Последнее обстоятельство играет весьма важную роль. В работе [13] показано, что в результате ультразвукового пластического деформирования в поверхностных слоях металла сварных соединений формируется градиентная, сильно неравновесная структура. Непосредственно у поверхности в слое толщиной 7–10 мкм обнаружена наноструктура с размером зерна 50–90 нм и высокими внутренними напряжениями. Под слоем наноструктуры до глубины 20–30 мкм наблюдаются полосовые дислокационные структуры. Полосовые структуры переходят в области с высокой плотностью дислокаций исходного материала. Наноструктурирование поверхностных слоев оказалось очень эффективным для повышения усталостных характеристик материалов авиационного назначения и обеспечило повышение усталостной долговечности конструкций из титановых сплавов ВТ 18У и алюминиевых сплавов В-1461, В-1963 более, чем в 10 раз, жаропрочного сплава В172 – в 6 раз, стали ВКС 12 – в 1,5 раза.

УЗУО (ВМП) существенно повышает сопротивление коррозионным и коррозионно-усталостным повреждениям [14, 15]. В то же время в ряде работ отмечают, что у конструкционных сталей при создании наклепа виброударным инструментом, передающим деформирующие импульсы посредством бойков, на поверхности образуется тонкий чешуйчатый слой с измененной структурой металла [16]. Его образование объясняется расплющиванием металла, выдавливаемого бойком по окружности лунки деформации при каждом ударе, последующими ударами при перемещении инструмента относительно поверхности. Имея чешуйчатую структуру, с ориентацией чешуек параллельно плоскости поверхности, этот слой обладает повышенной сорбционной способностью, так как имеет развитую поверхность. При непринятии мер коррозионной защиты он может бы-

стро корродировать сам и способствовать коррозии основного металла.

Для повышения эффективности УЗУО, с целью увеличения коррозионной стойкости перед тем как начать упрочняющую поверхностную обработку или в процессе ее, предлагается наносить на обрабатываемую поверхность тонкий слой ингибирующего средства [16]. В процессе обработки последний размещается внутри чешуйчатого слоя, образуя вместе с ним антикоррозионное покрытие.

Рекомендуют также повышать коррозионную стойкость сварных соединений путем комбинации УЗУО и электроискрового легирования (ЭИЛ) [17]. Показано, что комбинированная обработка УЗУО + ЭИЛ (при легировании хромом) + УЗУО существенно увеличивает коррозионно-усталостную прочность сварных соединений стали 15ХСНД, которая становится сравнимой с теми значениями, которые получены для обработанных УЗУО и испытанных на воздухе образцов.

Оборудование и технологию УЗУО (ВМП) [10, 16] продолжают совершенствовать. Это касается как самого инструмента, так и ультразвукового генератора.

В качестве инструмента обычно используют многобойковые конструкции (рис. 7) [16]. В многобойковом инструменте деформирующие элементы в виде цилиндрических ступенчатых стержней вставлены в специальную обойму и имеют в ней свободу осевого перемещения. В процессе работы инструмент прижимается к обрабатываемой поверхности так, что какой-нибудь из бойков входит в механический контакт с обрабатываемой поверхностью своим наружным концом, а внутренним концом – с акустическим волноводным трансформатором, т.е. передает энергию источника возбуждения обрабатываемому объекту за счет своей жесткости.

Известно, что энергетическая эффективность мультиударных процессов зависит от сохранения энергии в системе при минимальном ее рассеивании. Этого можно достичь при условии, что в конструкции инструмента отсутствуют амортизирующие и демпфирующие устройства. Однако при таком варианте, при использовании ручного инструмента, виброзащитенность оператора будет низкой, а при механизированном исполнении возникает угроза повреждения или разрушения инструмента. В любом случае нужна виброзащита, которая использована в инструменте, приведенном на рис. 7.

Когда к корпусу инструмента прилагается внешняя сила, то источник, бойки и обрабатываемый объект оказываются в механическом контакте, имеющем усилие равное внешней силе. При этих условиях инициируется ударный процесс, сопровождающийся отскоками источника. Если внешняя сила превышает силу давления воздуха на подвижную часть инструмента (в результате этого свободный ход оказывается выбранным), то внутренний торец втулки входит в механический контакт с пружинным амортизатором.

С момента середины каждого соударения, находящихся в механическом контакте обрабатываемого объекта, бойков

и источника возбуждения, под действием энергии, запасенной в системе во время удара за счет упругости, происходит возвратное перемещение подвижной части инструмента — отскок.

Такой инструмент может работать в трех режимах:

- без участия пружины — наиболее энергетически благоприятный;
- свободный ход выбран и участвует упругость пружинного амортизатора;
- режим, в котором весь ход выбран и отсутствует амортизация и демпфи-

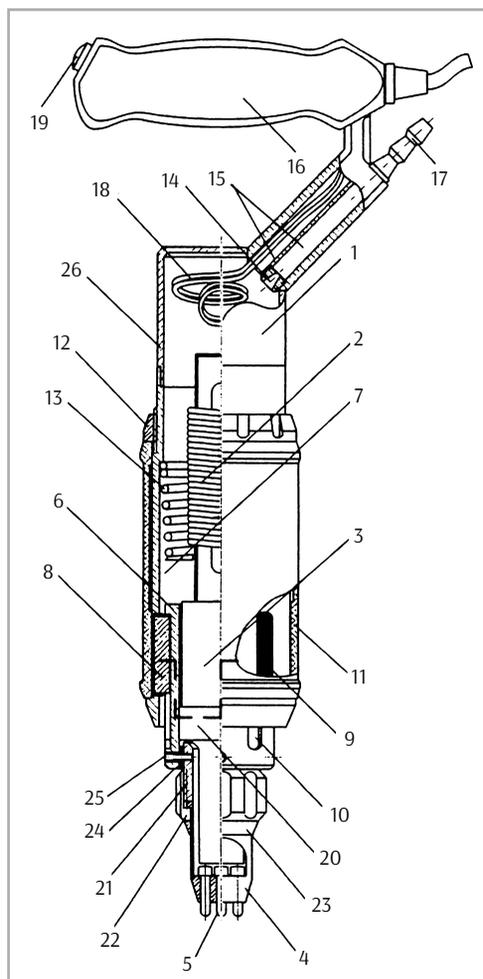


Рис. 7. Конструкция ультразвукового виброударного инструмента: 1 — корпус; 2 — пьезоэлектрический преобразователь; 3 — волноводный акустический трансформатор; 4 — обойма-держатель бойков; 5 — бойки; 6 — втулка-держатель источника возбуждения; 7 — зазор; 8 — направляющие скольжения; 9, 10 — пазы для закладки направляющих; 11 — кожух; 12 — гайка; 13 — пружинный амортизатор; 14 — дроссель; 15 — канал для сжатого воздуха; 16 — рукоятка; 17 — штурцер; 18 — провода питания преобразователя; 19 — гашетка; 20 — фланец; 21 — переходная втулка; 22 — накидная гайка; 23 — стопорное кольцо; 24 — эластичная манжета; 25 — шпильки; 26 — разъёмное соединение

рование ударов, а виброударные нагрузки передаются на корпус через практически жесткую связь. Такой режим аналогичен работе инструмента с жестким креплением.

Существуют и другие схемы виброударного инструмента.

При усовершенствовании ультразвуковых генераторов (УЗГ) основное внимание уделяется созданию оборудования с цифровым управлением. В основу стратегии создания УЗГ с цифровым управлением положено максимальное использование готовых схемных решений с использованием системы цифрового синтеза частоты и фазовой автоподстройки пьезокерамического излучения. Существуют два варианта оборудования с частотой 22 и 27 кГц. Благодаря использованию более высокой частоты масса ультразвукового инструмента снижена с 3,0 до 2,2 кг. Такое оборудование уже эксплуатируется на заводах Украины.

В мировой практике для УЗУО обычно используют ручной инструмент со встроенным пьезокерамическим преобразователем. Однако разрабатываются и другие варианты. В частности, запатентовано устройство для снятия остаточных напряжений, возникающих в сварных соединениях в процессе автоматической сварки [18]. Устройство содержит ультразвуковой преобразователь, фотоприемники, электронный блок управления, механизмы перемещения и прижатия ультразвуковых магнитоэлектрических преобразователей к свариваемой поверхности и ЭВМ. Ультразвуковой преобразователь осуществляет воздействие ультразвука на металл в зоне термического влияния в процессе автоматической сварки. Фотоприемники фиксируют зону сварки. В ЭВМ формируются команды управления. Такое устройство повышает эффективность снятия остаточных напряжений в сварных соединениях [18].

Одним из основных направлений усовершенствования технологии УЗУО (ВМП) является применение комбинированной обработки. Она характеризуется объединением известных способов модификации поверхности с УЗУО (ВМП). Такими способами являются лазерная обработка, электроискровое легирование, нанесение на обрабатываемую поверхность суспензий с порошками металлов, графита или квазикристаллов и др.

Предложен способ комбинированной послесварочной обработки сварных соединений, при котором участок перехода от шва к основному металлу сначала локально оплавляют концентрированным источником тепла при плотности мощности $\geq 10^4$ Вт/см² (лазер, плазма), а после охлаждения до выбранной в диапазоне $0,7 T_{пл} - 0,02 T_{пл}$ температуры подвергают УЗУО (ВМП) [19]. Такой способ позволяет повысить эффективность обработки различных свариваемых материалов.

Запатентован способ УЗУО, включающий статическое нагружение сварного соединения и ультразвуковое воздействие на него [20]. Такая комбинированная обработка позволяет повышать эффективность снижения и перераспределения напряжений.

Несмотря на относительно высокую стоимость оборудования, УЗУО (ВМП) находит все более широкое применение в мировой практике для обработки сварных соединений ответственных конструкций и сооружений. Она имеет определенные преимущества перед другими технологиями поверхностного пластического деформирования:

- высокую мобильность технологического процесса и возможность его реализации как в заводских условиях, так и в условиях монтажа и ремонта. Осуществление операционной технологии в автоматическом режиме;
- высокую производительность за счет высокой частоты и энергии удара — не ниже 0,3 м/мин;
- затраты энергии при заданной производительности ниже: в 1,3 раза по сравнению с дробеструйной обработкой и в 1,7 раза — с традиционной проковкой пневматическим инструментом.

Основными областями применения УЗУО (ВМП) являются изготовление и ремонт сварных конструкций различного назначения: мостов, кранов, телевизионных башен, буровых платформ, магистральных трубопроводов, корпусов судов, узлов транспортирующих машин и др.

Приведенный выше обзор технологий послесварочной обработки поверхностным пластическим деформированием ориентирует производителей на выбор альтернативного и эффективного решения. Все зависит от конкретной задачи, имеющихся финансовых ресурсов, объемов производства, фактора времени и обученного персонала.

Литература

1. Сварные строительные конструкции. Т. 1. Основы проектирования конструкций. / Под ред. Л. М. Лобанова. — К.: Наукова думка. — 1993. — 416 с.
2. Лащенко Г. И., Демченко Ю. В. Энергосберегающие технологии послесварочной обработки металлоконструкций. — К.: Экотехнология, 2008. — 168 с.
3. Сагалевиц В. М. Методы устранения сварочных деформаций и напряжений. — М.: Машиностроение. — 1974. — 248 с.
4. Кондаков Д. Ф., Банцерж Н. Э. Количественный анализ дефектности стыковых соединений титановых сплавов, выполненных дуговой сваркой. // Сварочн. про-во. — 1995. — № 9. — С. 26–28.
5. Heide F. Kugelstrahlen für höhere Ermüdungs-festigkeit geschweißter Bauteile und gegen Spannungsrisskorrosion // Der Praktiker — 2006. — № 5. — S. 154–158.
6. Руге Ю. Техника сварки: справочник в 2-х частях / Под ред. Волченко В. Н. Пер. с нем. Г. Н. Клебанова — М.: Металлургия, Машиностроение. — 1984. — 552 с.

7. Повышение стойкости сварных соединений / А. П. Бабичев, В. И. Бутенко, А. Н. Чукарин, Л. В. Гусакова // Упрочняющие технологии и покрытия. — 2014. — № 6. — С. 3–6.
8. Gerster P. Erhöhung der Lebensdauer bzw. der Ermüdungsfestigkeit durch Schweißnahtnachbehandlung // Der Praktiker. — 2009. — № 9. — S. 302–310.
9. Влияние виброударной обработки на физико-механические свойства поверхностного слоя сварных соединений рельсов / В. А. Каргин, Л. Б. Тихомирова, А. Д. Абрамов и др. // Сварочн. про-во. — 2013. — № 3. — С. 38–40.
10. Кныш В. В., Кузьменко А. З. Повышение сопротивления усталости сварных соединений высокочастотной механической проковкой // Сварщик. — 2005. — № 2. — С. 19–21.
11. Лащенко Г. И. Ультразвуковые технологии в сварочном производстве // Там же. — 2015. — № 2. — С. 21–26.
12. Дегтярев В. А. Влияние видов упрочняющей обработки сварных соединений на повышение их сопротивления усталости // Проблемы прочности. — 2013. — № 5. — С. 85–103.
13. Влияние наноструктурирования поверхностных слоев на усталостную долговечность конструкционных материалов и их сварных соединений / Ю. И. Почивалов, В. Е. Панин, Н. Н. Поломошин и др. // 5 междунар. конференция «Деформация и разрушения материалов и наноматериалов», Москва, 26–29 ноября 2013: Сб. м-ов. — М.: 2013. — С. 484–485.
14. Сопротивление коррозионной усталости сварных соединений, упрочненных высокочастотной механической проковкой / В. В. Кныш, И. И. Вальтери, А. З. Кузьменко и др. // Автомат. сварка. — 2008. — № 4. — С. 5–8.
15. Повышение циклической долговечности тавровых сварных соединений в условиях повышенной влажности и температуры высокочастотной механической проковкой / В. В. Кныш, С. А. Соловей, Л. Н. Ныркова и др. // Там же. — 2016. — № 3. — С. 19–24.
16. Шестаков С. Д. Ультразвуковое поверхностное деформирование для упрочнения и пассивации наклепом: Теория, технологические процессы и оборудование // Упрочняющие технологии и покрытия. — 2013. — № 7. — С. 3–15.
17. Повышение сопротивления усталости и коррозионной стойкости сварных соединений ультразвуковой ударной обработкой и электроискровым легированием // Техн. диагност. и неразруш. контроль. — 2014. — № 3. — С. 034–40.
18. Пат 2469101. Россия. Ультразвуковое устройство для обработки сварных соединений металлов аустенитного класса в процессе автоматической сварки / А. Н. Трофимов, С. И. Минин. Оpubл. 10.12.2012.
19. Пат. на корисну модель UA 80445. Україна. Спосіб комбінованої післязварної обробки зварних з'єднань металевих виробів / Г. І. Лащенко, Б. В. Юрлов, В. Д. Позняков та інші. Оpubл. 27.05.2013.
20. Пат. 2447162. Россия. Способ ультразвуковой обработки сварных металлоконструкций / А. В. Рудецкий. Оpubл. 10.04.2012.

● #947

Анализ и перспективы использования современных технологий изготовления обечаек котлов железнодорожных вагонов-цистерн

В. А. Роянов, П. В. Коросташевский, И. В. Захарова, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет» МОНУ (Мариуполь)

В настоящее время изготовление обечаек котлов железнодорожных вагонов-цистерн для перевозки продуктов с рабочим давлением внутри котла до 1,6 МПа производится по двум основным технологическим процессам. Первый – сборка и автоматическая сварка листовых полотнищ из нескольких листов, вальцовка из полотнищ обечаек с последующей сборкой и автоматической сваркой замыкающего стыка. Второй включает в себя вальцовку отдельных листов, получение коротких обечаек (царг) путем сборки и автоматической сварки их замыкающих стыков, последующую сборку и автоматическую сварку полной обечайки котла. Оба технологических процесса используются при различных типах производства, в первую очередь – в зависимости от имеющегося на вагоностроительных предприятиях специального технологического оборудования. Целью настоящей работы является анализ упомянутых технологических процессов и перспектив их использования в мелкосерийном, серийном и крупносерийном производстве котлов железнодорожных вагонов-цистерн. В статье рассмотрены вопросы универсальности специального технологического оборудования для изготовления обечаек котлов различных диаметров из листов различной ширины. Показана актуальность данного вопроса для производства обечаек котлов железнодорожных вагонов-цистерн в современных условиях.

С 1958 г. на Ждановском заводе тяжелого машиностроения (ЖЗТМ, в настоящее время – ПАО «Азовмаш»), впервые была внедрена, разработанная сотрудниками ИЭС им. Е. О. Патона, технология изготовления обечаек котлов железнодорожных вагонов-цистерн для перевозки различных продуктов с рабочим давлением до 1,6 МПа (в первую очередь – светлых нефтепродуктов) из сварных полотнищ. Полотнища после сборки встык из отдельных листов толщиной до 12 мм сваривали двусторонней автоматической сваркой под слоем флюса на специальной поточно-механизированной линии, при этом сварные швы располагались параллельно продольной оси обечайки [1]. Практически без принципиальных изменений эта технология используется в производстве цистерн до настоящего времени [2, 3].

В конце 90-х годов прошлого века в условиях конкуренции на рынке железнодорожных вагонов-цистерн, потребовалась альтернативная технология для изготовления обечаек, использующая более доступное и менее дорогое оборудование. Для этих целей применили технологию изготов-

ления обечаек котлов с рабочим давлением свыше 1,6 МПа из коротких обечаек (листовых царг), свариваемых в штатную обечайку требуемых размеров, и изменили конструкцию обечайки, сохранив ее диаметр и длину.

Одновременно встал вопрос о создании универсального специального технологического оборудования и модернизации существующего с целью обеспечения возможности изготовления на нем обечаек заданных размеров из листов изменяющейся ширины без потери общей производительности [4, 5].

Целью настоящей работы является анализ современных технологий изготовления обечаек котлов железнодорожных вагонов-цистерн, применяемого при этом специального технологического оборудования и определение направлений их перспективного использования.

Схема сварной обечайки (внутренний диаметр $D = 3,2$ м, длина $L = 9,45$ м) котла одной из модификаций железнодорожных вагонов-цистерн для перевозки светлых нефтепродуктов, изготавливаемой из листового полотнища, представлена на *рис. 1*, а ее развертки – сваренного листового полотнища (размерами $9,45 \times 10,077$ м из 5-ти листов 3-х толщин) – на *рис. 2*. Технологический процесс ее изготовления осуществляется по схеме указанной на *рис. 3*. На стенде сборки полотнищ поточно-механизированной линии листы укладываются и собираются между собой кромками встык при помощи электродуговой сварки. Собранное полотнище передается на стенд сварки первой стороны, где собранные сварные стыки свариваются автоматической сваркой под слоем флюса (или в среде защитных газов). После сварки первой стороны полотнище передается в кантователь, кантуется на 180° и подается на стенд сварки второй стороны, где стыки свариваются с противоположной стороны. Полностью сваренное полотнище вальцует-

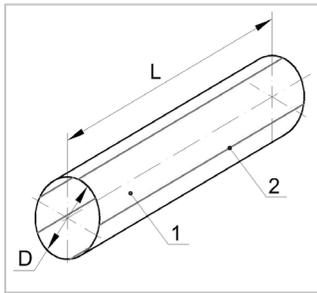


Рис. 1. Схема сварной обечайки котла железнодорожной вагонцистерны, сваренной из листового полотнища: 1 – лист; 2 – продольный сварной шов; D – внутренний диаметр обечайки; L – длина обечайки (длина продольного сварного шва)

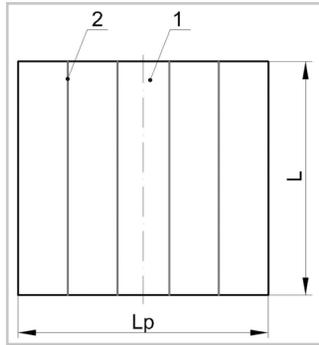


Рис. 2. Схема развертки обечайки (листового полотнища): 1 – лист; 2 – сварной шов; L – ширина полотнища (длина обечайки); Lp – длина полотнища (длина развертки обечайки)

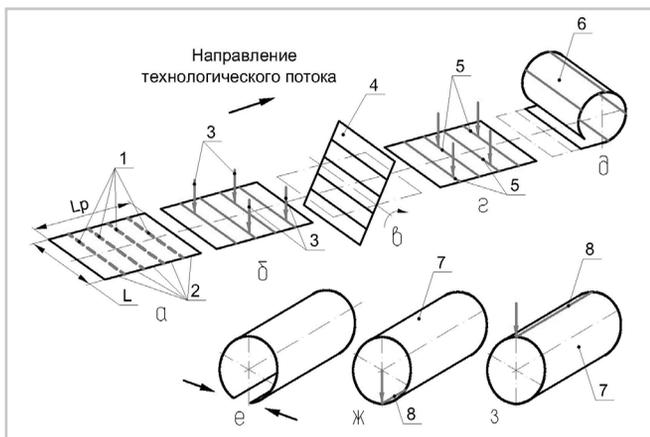


Рис. 3. Схема технологического процесса изготовления обечайки из листового полотнища: а – сборка полотнища; б – автоматическая сварка первой стороны полотнища; в – кантовка полотнища на 180°; г – автоматическая сварка второй стороны; д – вальцовка обечайки; е – сборка замыкающего стыка обечайки; ж – автоматическая сварка внутреннего шва замыкающего стыка обечайки; з – автоматическая сварка наружного шва замыкающего стыка обечайки; 1 – сборочные сварные швы; 2 – листы полотнища; 3 – сварочные автоматы; 4 – полотнище в процессе кантовки; 5 – сварные швы полотнища; 6 – полотнище в процессе вальцовки; 7 – обечайка; 8 – замыкающий стык обечайки

ся в обечайку, после чего обечайка передается на стенд сборки замыкающего стыка. Последний сваривается автоматической сваркой вначале внутри, а затем снаружи обечайки. Обечайка калибруется в вальцах и передается на сборку с днищами котла. Для изготовления листовых полотнищ обечаек по этой технологии используются специальные поточно-механизированные линии сборки и сварки полотнищ (в ПАО «Азовмаш» их три). Каждая линия включает специализированные стенды сборки и сварки полотнищ из отдельных листов и кантователь. Все стенды линии оснащены системой транспортировки полотнищ: роликовым полем и специальными транспортирующими устройствами [2, 3]. Завершают каждую линию гибочные вальцы с длиной валков равной 10,0 м. На специализированных стендах осуществляется сборка и двусторонняя автоматическая сварка замыкающего стыка обечайки.

Схема сварной обечайки (внутренний диаметр $D = 3,2$ м, длина $L = 9,45$ м), изготавливаемой из 4-х царг, представлена на рис. 4, а схема условной развертки такой обечайки (условной совместной развертки царг) – на рис. 5. Такая обечайка при неизменности габаритных размеров отличается типом, расположением, количеством, длиной сварных швов и толщинами листов (частично), составляющих царги. Царги между собой соединяют кольцевыми швами (длиной до 10,0 м) в плоскостях, перпендикулярных продольной оси обечайки, а короткими (по ширине листов) продольными швами замыкают стыки царг и стыки, соединяющие листы в развертках царг (при использовании листов 2-х толщин развертку изготавливают из 2-х частей, 3-х толщин – из трех частей). Схематически технологический процесс изготовления такой обечайки представлен на рис. 6. При этом, каждая царга вальцуется из отдельного (цельного или сваренного двусторонней автоматической сваркой из 2-х – 3-х частей разных толщин) листа, собирается замыкающий стык и сваривается таким же образом с внутренней и с наружной сторон. Для реализации технологии изготовления таких обечаек из царг в качестве специального технологического оборудования используются стенды автоматической сварки листов, вальцы с валками длиной 3,0–4,0 м, стенд сборки замыкающего стыка, стенд автоматической сварки внутреннего и наружного шва замыкающего стыка царги, стенд сборки обечайки из царг и стенды автоматической сварки внутренних и наружных кольцевых швов обечайки. Начиная со стенда сборки обечайки, оборудование может быть включено в состав специализированных поточно-механизированных линий.

Анализ обоих технологических процессов изготовления обечаек одинаковых размеров и массы показывает следующее.

1. Конструктивно общая длина сварных швов обечаек из коротких царг из листовых полотнищ на 11,4 м (или 24%) меньше общей длины сварных швов обечаек. Это увеличивает трудоемкость производства и себестоимость вагонцистерны при изготовлении обечаек из царг. Уменьшить эту разницу до 4% можно путем изготовления разверток царг из 2-х частей используя листы 2-х толщин, но при этом масса такой обечайки (и вагона-цистерны) возрастет на величину до 300 кг. Такое увеличение массы вагонцистерны не только увеличит его себестоимость, перекрыв экономию от уменьшения длины сварных швов, но и может повлиять на его конкурентоспособность. Все же этот технологический процесс требует значительно меньших затрат на специальное технологическое оборудование, что

снижает себестоимость из-за уменьшения амортизационных отчислений.

2. Специальное технологическое оборудование для изготовления обечаек из листовых полотниц, включая кантователь полотниц и гибочные вальцы с длиной бочки валков 10,0 м в 2,5–3,0 раза тяжелее и дороже оборудования для изготовления обечаек из царг. Однако линии изготовления полотниц производительнее комплексов оборудования изготовления обечаек из коротких царг за счет возможности первых осуществлять сварку одновременно всех швов. В зависимости от выпуска изделий, стоимость комплексов линий полотниц с учетом амортизационных отчислений существенно влияет на себестоимость вагонов-цистерн: изначально значительные, они снижаются пропорционально увеличению выпуска обечаек.

3. Оба технологических процесса достаточно универсальны и позволяют изготавливать при помощи автоматической сварки обечайки железнодорожных вагонов-цистерн всех диаметров из листов различных толщин и материалов. Однако выпуск обечаек напрямую зависит от производительности оборудования. При одинаковой скорости сварки производительность оборудования пропорциональна возможности одновременной сварки максимального количества сварных швов при изготовлении обечаек из полотниц или царг из листов различной ширины.

Технология изготовления обечаек из сварных листовых полотниц перспективна для предприятий, уже имеющих соответствующие поточно-механизированные линии сборки и сварки листовых полотниц с кантователем, гибочными вальцами с валками длиной 10,0 м и иным оборудованием. Такие линии после их соответствующей реконструкции (требующей на порядок меньше затрат, чем строительство новых) обеспечат требуемый выпуск продукции с нормальной рентабельностью изделий при любом типе производства. Важнейшими направлениями реконструкции линий сборки и сварки являются доведение их универсальности и производительности до максимального уровня, а именно – возможности сваривать одновременно максимальное количество (не менее двух) сварных стыков полотниц из листов различной ширины и осуществлять транспортировку по линии и кантовку полотниц различных габаритных размеров. Вопросы создания такого специального технологического оборудования и его использования освещены в работах: [6] – конструирования высокопроизводительных универсальных стандов сварки листовых полотниц, [7] – основные стороны устройства универсальных кантователей полотниц, [8] – принципы создания универ-

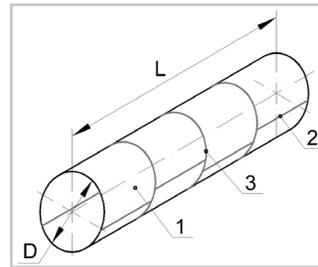


Рис. 4. Схема сварной обечайки котла железнодорожной вагоноцистерны, сваренной из царг (коротких обечаек): 1 – царга; 2 – продольный сварной шов царги; 3 – кольцевой сварной шов обечайки; D – внутренний диаметр обечайки; L – длина обечайки

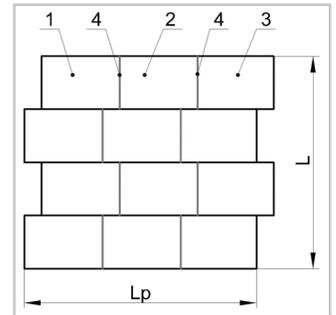


Рис. 5. Схема условной развертки обечайки, свариваемой из царг: 1, 2 и 3 – листы составной развертки царги; 4 – продольный сварной шов царги; L_p – длина развертки царги; L – длина обечайки

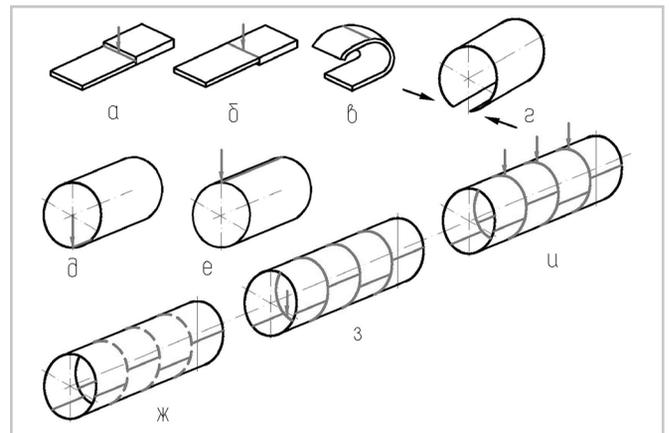


Рис. 6. Схема технологического процесса изготовления обечайки из 4-х царг: а – сборка и автоматическая сварка первой стороны развертки царги из 2-х частей; б – автоматическая сварка второй стороны развертки царги; в – вальцовка царги; г – сборка замыкающего стыка царги; д – автоматическая сварка внутреннего шва замыкающего стыка царги; е – автоматическая сварка наружного шва замыкающего стыка царги; ж – сборка обечайки из 4-х царг; з – сварка внутренних кольцевых швов обечайки; и – сварка наружных кольцевых швов обечайки

сальных транспортирующих устройств поточно-механизированных линий сборки сварки полотниц. В работе [9] рассмотрен технологический процесс и оборудование для сварки листовых полотниц на поточно-механизированных линиях с 2-х местными стандами сварки первой и второй стороны. Линии полотниц обеспечивают также изготовление удлиненных обечаек (длиной более 10,0 м) котлов для длиннобазовых вагонов-цистерн по комбинированной технологии. Удлиненные обечайки изготавливаются из обечайки, сваренной из штатного листового полотница, и дополнительной (короткой или длинной, в зависимости от длины котла) царги. Развертки нескольких дополнительных царг, скрепленные в местах сварных стыков соединительными планками в единое технологическое полотнице (рис. 7), свариваются на линии полотниц, вальцуются, собираются и свариваются в технологическую обечайку по штатной технологии. После этого соединительные планки удаляются и технологическая

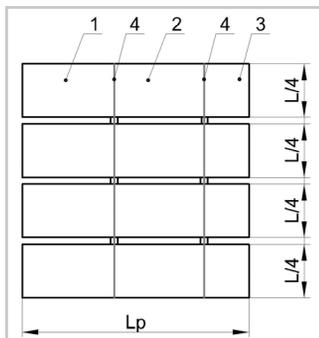


Рис. 7. Схема одновременной сварки разверток дополнительных цаг удлиненных обечайек: 1, 2 и 3 – листы разверток цаг; 4 – соединительная планка; 5 – сварной шов; L – длина обечайки; L_p – длина развертки цаги

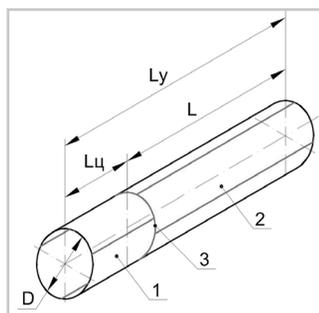


Рис. 8. Схема сварной удлиненной обечайки котла железнодорожной вагон-цистерны, изготовленной по комбинированной технологии: 1 – дополнительная цага; 2 – штатная обечайка; 3 – кольцевой сварной шов; L – длина штатной обечайки; L_c – длина дополнительной цаги; L_y – длина удлиненной обечайки.

данная технология перспективна и для изготовления удлиненных обечайек (длиной более 10,0 м) котлов для длиннобазовых вагонов-цистерн по комбинированной технологии. Строительство новых поточно-механизированных линий под нее перспективно для крупносерийного производства с выпуском более 3000 обечайек в год с продолжительностью производства в течение длительного (не менее срока окупаемости капитальных вложений) периода времени.

2. Технология изготовления обечайек котлов с рабочим давлением до 1,6 МПа из коротких обечайек (листовых цаг) требует значительно меньших затрат на специальное технологическое оборудование при оснащении производства. Она не требует переналадки оборудования, которое относительно просто встраивается в поточно-механизированные линии, обладает достаточной универсальностью и позволяет выпускать обечайки с конкурентоспособной себестоимостью. Такая технология пригодна для изготовления обечайек любой длины и перспективна для предприятий с мелкосерийным и серийным [10] типом производства (до 3000 обечайек в год).

обечайка расчленяется на отдельные цаги, каждая из которых кольцевым швом сваривается со штатной обечайкой в удлиненную (рис. 8).

Оба описанных выше технологических процесса обладают как преимуществами, так и недостатками, проявляющимися при использовании их в том или ином типе производства. Перспективы использования каждого из этих технологических процессов зависят от объемов выпуска железнодорожных вагонов-цистерн для перевозки различных продуктов с рабочим давлением до 1,6 МПа и имеющегося на предприятии комплекса специального технологического оборудования [10].

На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы.

1. Технология изготовления обечайек котлов железнодорожных вагонов-цистерн из сварных листовых полотнищ перспективна для предприятий, уже имеющих соответствующие поточно-механизированные линии сборки и сварки листовых полотнищ при любом типе производства с модернизацией линий, обеспечивающей их универсальность. Данная технология перспективна и для изготовления удлиненных обечайек (длиной более 10,0 м) котлов для длиннобазовых вагонов-цистерн по комбинированной технологии.

2. Технология изготовления обечайек котлов с рабочим давлением до 1,6 МПа из коротких обечайек (листовых цаг) требует значительно меньших затрат на специальное технологическое оборудование при оснащении производства. Она не требует переналадки оборудования, которое относительно просто встраивается в поточно-механизированные линии, обладает достаточной универсальностью и позволяет выпускать обечайки с конкурентоспособной себестоимостью. Такая технология пригодна для изготовления обечайек любой длины и перспективна для предприятий с мелкосерийным и серийным [10] типом производства (до 3000 обечайек в год).

Литература

1. Автоматическая сварка в системе поточного производства железнодорожных цистерн / Г.З. Волошкевич // Сб. тр. по автомат. сварке под флюсом. – 1948. – С. 327–332.
2. Комплексная механизация и автоматизация производства сварных конструкций в вагоностроении: Учеб. пособ. для студент. спец.: «Локомотивы, вагоны и железнодорожная техника», «Сварочные установки», вузов Украины / В.И. Приходько, Б.Г. Цыган. – Полтава, НТП «Критерий». – 1999. – 428 с.
3. Г.О. Кривов, К.О. Зворикін. Виробництво зварних конструкцій: Підруч. для студент. вишів напряму «Зварювання». – Київ.: КВЦ, 2012. – 896 с.
4. Анализ технологии и оборудования сборки под сварку листовых полотнищ обечайек котлов железнодорожных вагонов-цистерн / П.В. Коросташевский, Е.В. Войцеховский, М.Б. Луцкий // Сб. науч. тр. ДГТУ. – Алчевск, 2006. – № 21. – С. 115–121.
5. Выбор основных параметров стенов автоматической сварки листовых полотнищ обечайек котлов в крупносерийном производстве / П.В. Коросташевский // Вестник ПГТУ. – Мариуполь, 2006. – № 16. – С. 171–175.
6. Пат. 32090 Украина, В23К37/04. Установка для зварювання листових полотнищ / П.В. Коросташевський, В.О. Роянов, С.П. Нікітченко, І.В. Готовченко. – № 200709907; заявл. 04.09.2007; опубл. 12.05.2008, Бюл. № 9.
7. Пат. 55769 Украина, В23К37/04. Кантувач листових полотнищ / П.В. Коросташевський, І.В. Артьомов, В.О. Роянов, Р.О. Томчук. – № 201006986; заявл. 07.06.2010; опубл. 12.05.2008, Бюл. № 9.
8. Принципы конструирования оборудования транспортных систем универсальных линий сборки и сварки листовых полотнищ / В.А. Роянов, П.В. Коросташевский // Вісник ДДМА. – Краматорськ, 2010. – № 2(19). – С. 245–250.
9. Особенности конструкции оборудования универсальных линий сборки и сварки листовых полотнищ обечайек котлов железнодорожных вагонов-цистерн и технологии сварки полотнищ в условиях современного рынка / В.А. Роянов, П.В. Коросташевский, Е.В. Сотников // Зб. наук. пр. УДАЗТ. Харків, 2013. – Вип. 139. – С. 72–82.
10. Сварка в машиностроении: Справочник в 4 т. / Г.А. Николаев и др. – М.: Машиностроение, 1979. – Т. 3. – 567 с.

Тренажер сварщика для электродуговой сварки ТСДС-06М

Аппаратно-программный комплекс (тренажер) ТСДС-06М – высокоэффективное техническое средство обучения (в том числе дистанционного), тренировки, повышения квалификации, тестирования, допускового контроля и аттестации электросварщиков дуговой сварки и специалистов сварочного производства.

Компьютеризированный тренажер сварщика электродуговой сварки ТСДС-06М (рис. 1) предназначен для:

- приобретения, отработки, закрепления, тестирования навыков рациональной техники сварки и формирования сварных швов для различных видов сварных соединений в различных пространственных положениях при ручной дуговой сварке покрытыми электродами (ММА) и ручной сварке неплавящимся (вольфрамовым) электродом в среде инертных газов (TIG) с подачей присадочной проволоки и без нее;
- обеспечения контроля, регистрации и документирования основных параметров режимов сварки и сварных швов на оптическом, магнитном и бумажном носителях;
- дистанционного обучения, повышения квалификации, тестирования и аттестации электросварщиков и сварочного персонала.

Сварочный тренажер ТСДС-06М предназначается для использования в учебных лабораториях и специализированных классах учреждений профессионального образования всех уровней, центров подготовки, повышения квалификации и аттестации электросварщиков, сварочного персонала, а также учебно-тренировочных подразделений промышленных и энергетических предприятий.

Принцип действия сварочного тренажера ТСДС-06М основан на использовании реальных режимов и процессов сварки способами ММА и TIG, реальных сварочных инструментов и образцов, максимально приближенных к реальным стыковым и угловым соединениям, а также к неповоротным стыкам тел вращения, в т.ч. трубопроводов.

Устройство сварочного тренажера ТСДС-06М защищено патентами Украины – UA а200714407 и РФ – RU

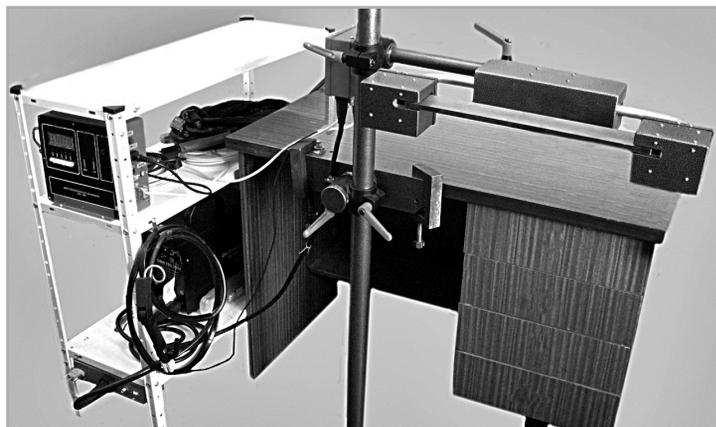


Рис. 1. Общий вид тренажера сварщика ТСДС-06М

Технические характеристики тренажера ТСДС-06М

Параметр	Значение
Номинальный сварочный ток энергетического модуля (источника питания), А	160
Продолжительность нагрузки (ПН) при номинальном сварочном токе и длительности цикла $T_c = 5$ мин, %	60
Напряжение холостого хода энергетического модуля (источника питания), не более, В	60
Число информационных каналов блока технологического интерфейса БТИ-06М	8
Разрядность встроенного в блок технологического интерфейса БТИ-06М аналого-цифрового преобразователя (АЦП), не менее, бит	12
Напряжение питающей однофазной сети частотой 50/60 Гц, В	220 ± 33
Электрическая мощность, потребляемая тренажером ТСДС-06М (включая энергетический модуль, блок технологического интерфейса БТИ-06М, компьютер и его периферийные устройства), не более, кВА	4,5
Общая масса тренажера ТСДС-06М, не более, кг	63
Контролируемые и задаваемые параметры режима сварки	
Ток дуги (установочный, с точностью ± 5 А): при ММА, А при TIG, А	80, 100, 120, 140, 160, 180 80, 100, 120, 140, 160
Напряжение дуги: при ММА, В при TIG, В	21–28 9–16
Скорость сварки: при ММА, мм/с (м/ч) при TIG, мм/с (м/ч)	1,0–5,0 (3,6–18,0) 0,5–2,5 (1,8–9,0)
Длина дугового промежутка: при ММА, мм при TIG, мм	1–5 0,5–4,0
Углы наклона электрода: «вдоль шва» (угол α), град «поперек шва» (угол β), град	$\pm (45 \pm 5)$ $\pm (45 \pm 5)$
Погонная энергия: при ММА, Дж/мм при TIG, Дж/мм	70–410 60–300
Расход инертного газа (аргона) при TIG, л/мин	5,5–12,0
Длительность сеанса обучения (тестирования), с	60–600



Рис. 2. Блок технологического интерфейса БТИ-06М

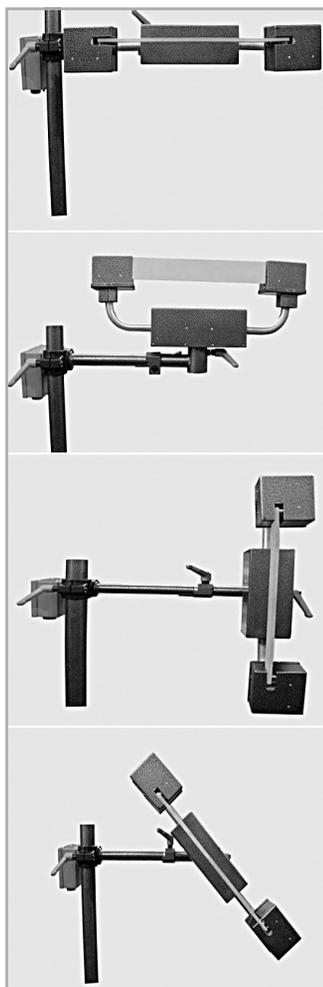


Рис. 3. Позиционер



Рис. 4. Энергетический модуль

2373040 С1, алгоритм его работы — патентами Украины — UA a200804186 и РФ — RU 2396158 С2.

Компьютеризированный тренажер сварщика электродуговой сварки ТСДС-06М включает:

- блок технологического интерфейса;
- позиционер для придания сварочному образцу (имитатору сварного соединения) желаемого пространственного положения;
- энергетический модуль на базе инверторного источника питания сварочной дуги постоянного тока;
- сварочные инструменты (электрододержатель для ММА, горелку для TIG, держатель присадочного материала);
- наушники для обеспечения возможности получения речевой подсказки при сварке;
- защитную шлем-маску типа «Хамелеон»;
- разборной стеллаж для размещения составных частей тренажера и его принадлежностей (кроме позиционера);
- персональный IBM-совместимый компьютер на базе процессора Pentium IV и выше;
- специализированное программное обеспечение.

Блок технологического интерфейса

Блок технологического интерфейса БТИ-06М (рис. 2) обеспечивает оперативный контроль, цифровую индикацию, обработку и нормирование аналоговых сигналов, поступающих от размещенных в сварочном инструменте и позиционере датчиков и соответствующих текущим значениям основных параметров процесса дуговой сварки. БТИ-06М осуществляет преобразование аналоговых сигналов в цифровую форму, пригодную для последующей компьютерной обработки.

Позиционер

Позиционер (рис. 3) сварочного тренажера ТСДС-06М обеспечивает:

- закрепление сварочного образца в соответствующих токоподводах;
- возможность установки образца в различные пространственные положения;
- реализацию специальной схемы подключения образца к одному из полюсов энергетического модуля (источника питания дуги);
- формирование сигналов, пропорциональных протекающим в сварочном образце токам;
- возможность калибровки контура измерений токов, протекающих в сварочном образце.

Энергетический модуль

Энергетический модуль (рис. 4) тренажера ТСДС-06М, построенный на базе сварочного инверторного источника питания, преобразовывает напряжение питающей сети переменного тока в напряжение постоянного тока, необходимое для возникновения и поддержания процессов дуговой сварки, формирует соответствующие способу сварки (ММА или TIG) внешние вольт-амперные характеристики.

Сварочные инструменты

Инструмент для ММА (рис. 5, а), выполненный на основе стандартного электрододержателя пассатижного типа, предназначен для приобретения, отработки, закрепления, тестирования навыков и приемов ручной дуговой сварки покрытыми электродами.

Инструмент (рис. 5, б), изготовленный на базе горелки для TIG, обеспечивает возможность приобретения, отработки, закрепления, тестирования навыков и приемов ручной сварки неплавящимся электродом в среде инертных газов.

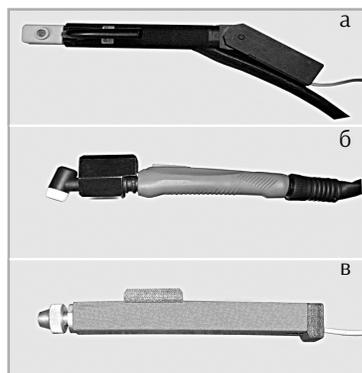


Рис. 5. Сварочные инструменты

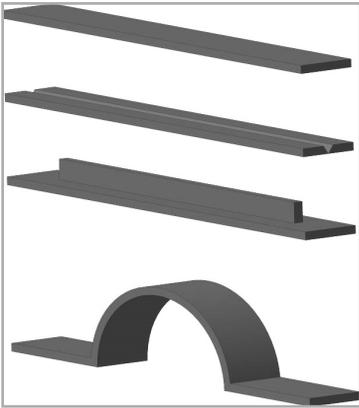


Рис. 6. Сварочные образцы

Каждый из инструментов — (рис. 5, а и б) — оснащен трехкоординатным датчиком угловых положений (инклинометром), обеспечивающим контроль углов наклона электрода инструмента относительно сварного шва. Оба инструмента подключаются к энергетическому модулю тренажера ТСДС-06М.

Держатель присадочного материала (рис. 5, в) обеспечивает удобство подачи присадочной проволоки в зону сварочной дуги при TIG, а также формирование сигналов наличия присадочной проволоки в этой зоне.

Сварочные образцы

Сварочные образцы (рис. 6), предназначенные к использованию в тренажере ТСДС-06М для приобретения, отработки, закрепления, тестирования навыков дуговой сварки разных типов сварных соединений (в том числе стыковых и угловых) в различных пространственных положениях, а также неповоротных стыков трубопроводов, изготавливаются пользователем из низкоуглеродистых сталей.

Тренажер ТСДС-06М (при работе с компьютером) дает возможность существенной интенсификации навыков обучения на реальных процессах дуговой сварки: возбуждения дуги, поддержания нормативной или заданной длины дугового промежутка, углов наклона электрода сварочного инструмента, оптимальной скорости сварки, правильного теплового режима сварочной ванны и формирования сварного шва, ведения процесса TIG с подачей присадочной проволоки и без нее, а также отработки, совершенствования и тестирования этих навыков. Устройство блока технологического интерфейса БТИ-06М позволяет с помощью цифрового индикатора выполнять контроль текущих численных значений тока дуги (сварочного тока), токов, протекающих в сварочном образце в противоположных от пятна дуги направлениях, напряжения дуги, расхода инертного газа при TIG-процессе.

Специализированное программное обеспечение

Сопровождающее тренажер ТСДС-06М программное обеспечение функционирует на базе аппаратно-программного интерфейса Lab VIEW и позволяет:

- вводить исходные данные выбранного процесса дуговой сварки в диалоговом режиме или загружать учебные задания из банка учебного пособия;

- автоматически устанавливать уровень тока дуги (сварочного тока) в соответствии со значениями, задаваемыми учебной программой или программой тестирования (аттестации) сварщика дуговой сварки;
- отображать на экране монитора текущие значения основных параметров процессов дуговой сварки;
- осуществлять обратную связь с обучаемым (тестируемым) сварщиком непосредственно во время выполнения процесса сварки путем автоматической подачи речевых сигналов («звуковая подсказка») и, тем самым, оперативно корректировать действия обучаемого или тестируемого;
- контролировать правильность проведения сварочного процесса и его соответствия нормативным или заданным требованиям как по отдельным параметрам (длине дугового промежутка, скорости сварки, углам наклона электрода сварочного инструмента, погонной энергии), так и всего процесса в целом;
- отображать на экране монитора форму продольного профиля и поперечного сечения сварного шва в любой его точке с возможностью определения численных значений основных геометрических параметров этого шва;
- автоматически и однозначно оценивать, путем введения элементов системы экспертной оценки, уровень навыков техники сварки обучаемого или тестируемого и качество выполняемых им сварочных операций при реализации процессов сварки;
- осуществлять компьютерную регистрацию и обработку результатов выполнения на сварочных образцах наплавки или сварных швов, документировать, хранить и воспроизводить эту информацию в цифровом, графическом или табличном виде на оптическом, магнитном и бумажном носителях;
- обеспечивать возможность передачи информации в режиме «online» каналам стандартных информационных систем и сетей (через Интернет).

● #949

**За информацией о поставке аппаратно-программных комплексов ТСДС-06М
Вы можете обратиться:**

НТК «ИЭС им. Е. О. Патона» НАНУ
Тел./факс: +38 (044) 287-55-29
E-mail: Proskudin@ntk.in.ua, office@stc-paton.com
www.stc-paton.com

Системы менеджмента гигиены и безопасности труда: расследование инцидентов и аудит*

О. Г. Левченко, д-р тех. наук, Ю. А. Полукаров, канд. техн. наук, НТУУ «КПИ» (Киев)

Эффективность и успешность предприятия в значительной степени зависят от учета рисков и минимизации, связанных с ними потерь. К существенным рискам можно отнести риски работников предприятий, которые можно снизить за счет комплекса продуманных мероприятий по охране труда. Расходы организаций на выплату компенсаций и штрафов пострадавшим от несчастных случаев часто наносят существенный удар по прибыли, а нередко вообще приводят к банкротству. Стандарт OHSAS18001:2007 прошел апробацию во множестве стран, показав высокие результаты в сфере повышения эффективности функционирования организаций, а также снижения рисков для их работников. Неоспоримое преимущество данного стандарта в том, что он применим для любой организации, независимо от объемов производства, формы собственности, вида деятельности и количества работников.

Измерение результативности и мониторинг. Как показывает практика, обязательным условием эффективного функционирования системы управления охраной труда на предприятиях является внедрение и поддержание процедуры мониторинга, а также измерение результативности в сфере гигиены и безопасности труда на регулярной основе. Такие процедуры должны предусматривать:

- качественные и количественные измерения, соответствующие потребностям организации;
 - мониторинг степени достижения целей организации в области гигиены и безопасности труда;
 - мониторинг результативности мер управления (как в сфере здоровья, так и безопасности);
 - упреждающие измерения результативности для мониторинга соответствия с программой по гигиене и безопасности труда, мерам управления и операционным критериям;
 - реагирующие измерения результативности для мониторинга ухудшения здоровья, инцидентов и других фактических доказательств недостаточной результативности гигиены и безопасности труда;
- запись данных и результатов мониторинга и измерений, достаточных для содействия последующему анализу корректирующих и предупреждающих действий.

Следует отметить, что в случае необходимости использования оборудования для мониторинга или измерения результативности, организация должна установить и выполнять процедуры калибровки и обслуживания такого оборудования. Необходимо также в обязательном порядке вести записи по калибровке, обслуживанию и результатам.

* Часть 3. Начало в № 1, 2—2016. Последняя статья серии публикаций о системе менеджмента гигиены и безопасности труда OHSAS18001:2007.

Оценка соответствия законодательству.

Согласно обязательству соблюдать соответствие законодательству, организация должна установить, внедрить и выполнять процедуру периодической оценки соответствия применяемым законодательным требованиям, а также вести записи результатов периодической оценки. При этом частота периодической оценки может отличаться для разных законодательных требований.

Кроме того, организация должна оценивать соответствие другим, принятым ею требованиям. Она может объединить эту оценку с оценкой соответствия законодательству или же установить отдельную процедуру; должна вести записи результатов периодической оценки. Частота периодической оценки может отличаться для разных требований, принятых организацией.

Расследование инцидентов. Организация должна установить, внедрить и выполнять процедуру для записи, расследования и анализа инцидентов, чтобы определить основные недостатки в области гигиены и безопасности труда и другие факторы, которые могут быть причиной или способствовать инцидентам, идентифицировать потребность в корректирующих действиях, а также информировать о результатах таких расследований.

Расследования должны производиться своевременно, а все идентифицированные потребности в корректирующих действиях или возможности для предупреждающих действий — рассматриваться в строго установленном порядке. Результаты расследования инцидентов должны быть документированы и сохранены.

Кроме вышеизложенного, организация должна установить, внедрить и выполнять процедуру рассмотрения реальных и потенциальных несоответствий, для принятия корректирующих и предупреждающих действий. Процедура должна определять требования к:

- идентификации и коррекции несоответствий и принятию действий для смягчения их последствий для гигиены и безопасности труда;

- расследованию несоответствий, определению их причин и проведению действий для исключения их повторения;
- оцениванию потребности в действиях по предупреждению несоответствий и внедрению соответствующих действий, разработанных для исключения их возникновения;
- анализу результативности предпринятых корректирующих и предупреждающих действий.

В случае, если корректирующие и предупреждающие действия идентифицируют новые или измененные опасности, или потребность в новых или измененных мерах управления, процедура должна требовать, чтобы была произведена оценка рисков для предложенных действий до их внедрения.

При этом стоит помнить, что все корректирующие или предупреждающие действия, предпринятые для устранения причин реальных или потенциальных несоответствий, должны соответствовать масштабу проблем и быть соразмерными с соответствующими рисками гигиены и безопасности труда. Организация должна гарантировать, что все необходимые изменения, являющиеся результатом корректирующих или предупреждающих действий, внесены в документацию системы менеджмента гигиены и безопасности труда.

Управление записями и внутренний аудит. Организация должна установить правила и вести записи, которые необходимы для демонстрации соответствия требованиям ее системы менеджмента гигиены и безопасности труда и данного Стандарта OHSAS, а также достигнутых результатов. Необходимо установить, внедрить и выполнять процедуру идентификации, хранения, защиты, поиска, удерживания и изъятия записей. Записи должны быть разборчивыми, идентифицируемыми и прослеживаемыми.

Более того, организация должна обеспечить проведение внутренних аудитов системы менеджмента гигиены и безопасности труда с запланированной периодичностью для того, чтобы определить, действительно ли система соответствует запланированным мероприятиям менеджмента гигиены и безопасности труда, включая требования данного Стандарта OHSAS. Кроме этого, следует убедиться, действительно ли она внедрена и функционирует надлежащим образом и результативна в достижении политики и целей организации. Программа аудитов должна планироваться, устанавливаться, внедряться и выполняться организацией с учетом результатов оценки рисков, деятельности организации и результатов предыдущих аудитов. Обязательно должна быть установлена, внедрена и выполняться процедура аудита, ко-

торая отражает ответственности, компетенции, и требования по планированию и проведению аудитов, отчетности о результатах и ведение соответствующих записей, определение критериев, области, периодичности и методов аудита. Выбор аудиторов и проведение аудитов должно гарантировать объективность и беспристрастность процесса аудита. Все решения в области гигиены и безопасности труда должны находить отражение в действующей системе управления охраной труда (СУОТ), алгоритм формирования которой приведен ниже (рис. 1).

Анализ со стороны руководства. Нельзя забывать, что высшее руководство должно пересматривать систему менеджмента гигиены и безопасности труда организации с запланированной периодичностью, чтобы обеспечить ее постоянную пригодность, адекватность и результативность. Данный анализ должен включать оценку возможностей для улучшения и необходимости изменений в системе управления охраной труда,

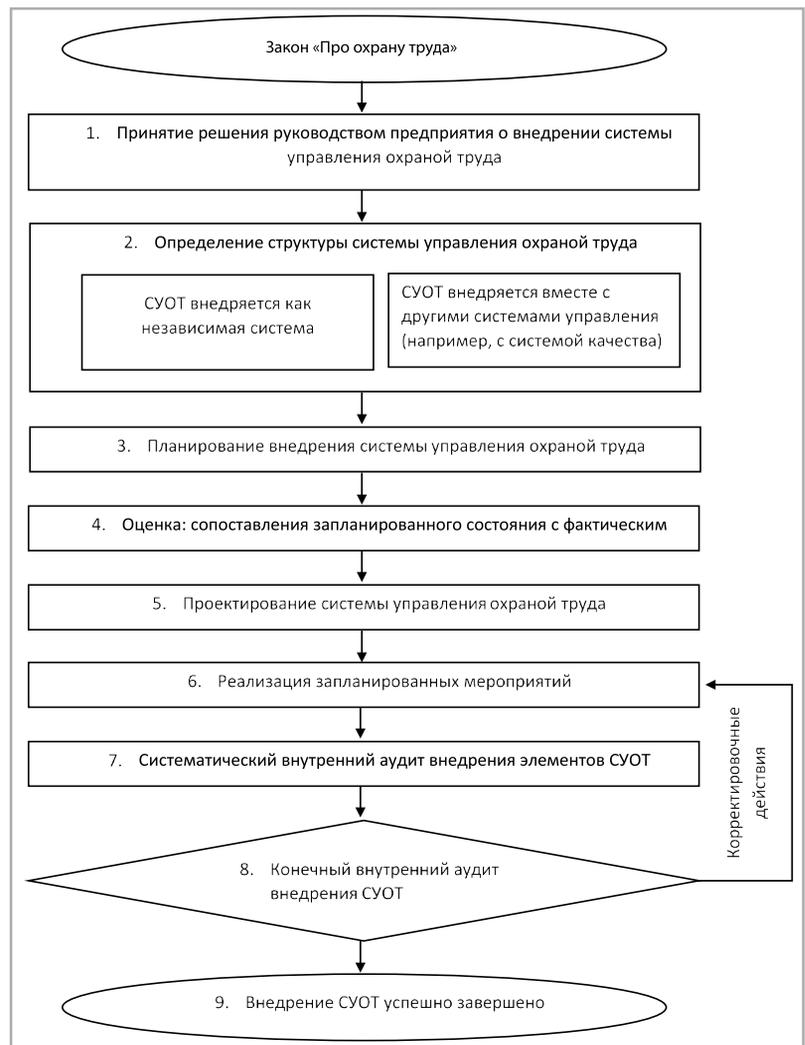


Рис. 1. Алгоритм внедрения системы управления охраной труда

включая политику и цели в области гигиены и безопасности труда. Со стороны руководства обязательно должны вестись записи его анализа.

Входные данные для анализа со стороны руководства должны включать:

- результаты внутренних аудитов и оценки соответствия применяемым законодательным требованиям, а также другим требованиям принятым организацией;
- результаты проведения и консультаций;
- соответствующую информацию от внешних заинтересованных сторон, включая жалобы;
- результативность организации в области гигиены и безопасности труда;
- степень достижения целей;
- статус расследования инцидентов, корректирующих и предупреждающих действий;

- исполнение решений предыдущих анализов со стороны руководства;
- изменения обстоятельств, включая изменения законодательных и других требований, связанных с гигиеной и безопасностью труда и рекомендаций по улучшению.

Выходные данные анализа со стороны руководства должны согласовываться с обязательствами организации по постоянному улучшению и включать все решения и действия, связанные с возможными изменениями в результативности, политике и целях в области гигиены и безопасности труда. При этом соответствующие результаты анализа со стороны руководства должны быть доступны для распространения и проведения консультаций.

С учетом выполнения вышеизложенного комплекса мероприятий **Стандарт OHSAS18001:2007 может принести реальную пользу организации, вывести на новый качественный уровень гигиену и безопасность труда за счет снижения рисков профессиональной заболеваемости и травматизма персонала.**

● #950

Ассоциация Производителей Промышленных и Медицинских Газов

В России создана Ассоциация Производителей Промышленных и Медицинских Газов, главной задачей которой является поддержание высоких стандартов качества продукции и безопасности в отрасли.

Появление Ассоциации связано с формированием рынка технических газов в России, приходом на него иностранных компаний и повышением стандартов качества и безопасности. Появилась необходимость поддержки производителей промышленных и медицинских газов в соблюдении современных стандартов и создания представительства в государственных органах.

Основные задачи организации

Целью деятельности Ассоциации является создание сообщества компаний-производителей промышленных и медицинских газов, основными задачами которого будут:

- рассмотрение вопросов совершенствования организационной и научно-методической базы;
- разработка и представление в органы власти проектов нормативных документов по безопасности, охране здоровья и окружающей среды применительно к производству, продаже и использованию промышленных и медицинских газов;
- организация образовательных и информационных мероприятий;
- оказания информационной, методической и консультативной помощи.

Важным аспектом деятельности организации является **работа по повышению сознательного отношения к безопасности, охране здоровья и окружающей среды**. Мы хотим снизить риски возникновения несчастных случаев на производстве, предотвратить загрязнения окружающей среды. Предусмотрено проводить анализ и исследование причин несчастных случаев с целью предотвращения и уменьшения их последствий, обмен соответствующей информацией.

Средства для реализации целей организации:

- усовершенствование организационной и научно-методической базы для обеспечения промышленной безопасности опасных производственных объектов в сфере производства промышленных и медицинских газов, в т.ч. выполнение сопутствующих работ и услуг, прогнозирование безопасности, надежности, технического состояния объектов и технологического оборудования;
- подготовка комментариев и предложений в отношении нормативно-правовых и юридических документов, инструкций. Представление проектов документов и совместная работа с государственными органами над такими документами;
- разработка и представление в органы власти проектов нормативных документов, относящихся к требованиям по производству промышленных и медицинских газов;
- разработка проектов, усовершенствование и распространение базы нормативной документации Ассоциации;
- представление интересов членов Ассоциации на национальном и международном уровнях;
- вложение имеющихся у Ассоциации собственных и привлеченных средств в проекты сотрудничества с предприятиями и организациями России;
- внесение предложений в государственные органы по вопросам, касающимся деятельности Ассоциации.

Для достижения перечисленных целей Ассоциации создаются рабочие группы, в рамках которых проводятся встречи экспертов и разрабатываются документы, передающиеся на рассмотрение и утверждение в Правление.

На сегодняшний день участниками Ассоциации являются крупнейшие игроки-лидеры рынка технических и медицинских газов – компании: АО «Линде Газ Рус», ООО «Праксэа Рус», ООО «Эр Ликид», ООО «Эйр Продактс», ООО «Демако», ООО «ПГС сервис», ООО фирма «Криоген», ООО «Мониторинг».

Ассоциация приглашает для вступления и участия в ее работе компании, основным видом деятельности которых является производство и продажа промышленных и медицинских газов.

Компании, у которых нет собственного производства промышленных и медицинских газов, но деятельность которых связана с их продажей и оказанием сопутствующих услуг, будут приглашаться в качестве Партнеров Ассоциации.

143900, РФ, Московская обл., г. Балашиха, ул. Белякова, д. 1-а

Тел.: +7 (495) 212-04-61, сайт: www.apimg.ru

● #951

XVII международная выставка «Сварка / Welding 2016»: новейшие сварочные технологии

XVII международная выставка «Сварка / Welding 2016» состоялась с 17 по 20 мая в конгрессно-выставочном центре (КВЦ) «Экспофорум», в г. Санкт-Петербург. Около 200 компаний из Германии, Бельгии, Венгрии, Индии, КНР, США, Франции, Чешской республики, Швейцарии, Эстонии, а также 56 регионов России продемонстрировали инновационные разработки, технологии, оборудование и материалы для всех видов сварки, резки и наплавки.



На торжественной церемонии открытия выставки от имени Правительства России участников приветствовал заместитель директора департамента станкостроения и инвестиционного машиностроения Министерства промышленности и торговли (Минпромторг) РФ Олег Токарев. Он отметил, что сварочная отрасль в России сейчас активно развивается, и показателем этого — интерес, проявленный к выставке и профильными предприятиями, и потенциальными потребителями оборудования. «Экспозиция в полной мере демонстрирует инновационные технологии, направленные на выход отрасли на мировой уровень», — заявил он.

Выступивший от имени Правительства Петербурга, председатель комитета по промышленной политике и инновациям Максим Мейскин рассказал, что в Северной столице работает более 2000

промышленных предприятий, которые в своем производстве вряд ли могут обойтись без сварки. «Форум позволит увидеть, что есть передового в отрасли у зарубежных компаний, и продемонстрировать каких успехов за последние годы добились наши производители», — отметил М.С. Мейксин. «Это одна из крупнейших профильных выставок, где можно ознакомиться со всем инновационными решениями, — поддержал его заместитель начальника департамента капитального ремонта ПАО «Газпром» Вадим Настек. — Надежность функционирования единой газотранспортной системы «Газпром» во многом зависит от состояния и качества сварки. На этой выставке нам бы хотелось поделится собственным опытом работы в самых различных условиях и в то же время увидеть качественно новые технологии, применимые в нашей отрасли».

Завершил приветственную часть генеральный директор компании «ЭкспоФорум-Интернэшнл» Сергей Воронков: «Мы рады принимать в новых стенах «Экспофорума» одну из старейших выставок. В этом году в ней участвуют около 200 компаний — производители оборудования и материалов для сварки, резки, наплавки и родственных технологий из 10 стран мира, в том числе два десятка китайских компаний. Кроме выставочной экспозиции у нас предусмотрена серьезная деловая программа,





на которой участники смогут обсудить проблемы отрасли».

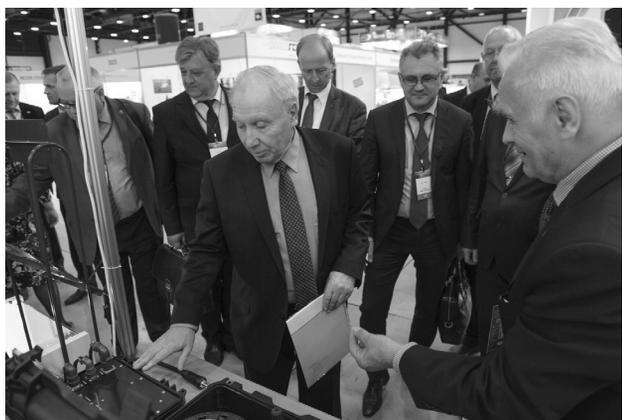
В этом году на площади более 9 000 кв. метров свою продукцию представили лидеры в производстве сварочной техники и материалов: «Уралтермосвар», Государственный рязанский приборный завод, «Линкольн Электрик Россия» и многие др. Особое внимание специалистов уделялось новинкам российских компаний и вопросам импортозамещения.

Посетители выставки и специалисты познакомились с уникальной технологией лазерной сварки труб большого диаметра от НТО «ИРЭ-Полус». Специалисты компании продемонстрировали на своем стенде применение мощных промышленных волоконных лазеров для сварки, резки, наплавки. Совместно с компанией «Уралтермосвар» они разработали оборудование для лазерной сварки труб большого диаметра, не имеющее мировых аналогов.

Крупнейший российский производитель сварочного оборудования – ЗАО НПФ «Инженерный и технологический сервис» («ИТС») – представил сварочную технику, с помощью которой можно выполнять большие объемы однотипной работы.

Новую современную цифровую сварочную технику продемонстрировала компания «СЭЛМА».

Активно ведет работу над реализацией программы импортозамещения в нефтегазовом секторе и холдинг «ТКС». «Нашими специалистами раз-



рабатывается высокотехнологичное оборудование для неразрушающего контроля и автоматической сварки, полностью заменяющее иностранные аналоги», – рассказал представитель холдинга «ТКС» Роман Валитов.

Гости выставки смогли ознакомиться с новинками ведущих производителей и крупнейших поставщиков сварочного оборудования и материалов из зарубежных стран: ESAB, Kemppi, DWT GmbH, 18-ти китайских компаний, объединенных в национальный стенд, созданный при содействии Китайского машиностроительного общества (CMES).

Партнер «ЭкспоФорум-Интернэшнл», немецкий выставочный концерн Messe Essen совместно с Союзом сварщиков Германии (DVS) организовал участие немецких компаний и международный стенд «Эссен велдинг павильон».

Ключевым событием научно-технической программы, сопровождавшей выставку, стала Международная научно-техническая конференция «Актуальные проблемы повышения эффективности сварочного производства», прошедшая при поддержке Минпромторга РФ и СРО НП «Национальное Агентство Контроля Сварки» (НАКС). Эксперты и представители органов власти обсудили основные проблемы и пути повышения эффективности сварочного производства в новых экономических реалиях. «Доля экспортного оборудования в ряде сегментов отрасли достигает 100%, мно-



гим российским предприятиям и научно-исследовательским институтам требуется финансовая и законодательная поддержки. По инициативе Минпромторга РФ реализуется ряд программ для сварочных предприятий по переоборудованию и запуску новых линий, а также по развитию сварочного производства в соответствии с потребностями российской промышленности в новых материалах и оборудовании», — отметил в своем выступлении на пленарном заседании Олег Токарев.

О текущем состоянии дел в отрасли и планах до 2020 г. по переходу на независимое от зарубежных поставщиков производство рассказал Николай Алешин, президент СРО НП «НАКС». По его словам, до 90% оборудования закупается за рубежом — и если раньше основными поставщиками были Европа и США, то сейчас велика доля азиатских импортеров. «В России в последнее время появились конкурентоспособные аналоги, многие предприятия имеют весомый потенциал по мощностям и качеству разработок конструкторских бюро. К примеру, до недавнего времени в стране не существовало оборудования для ротационной сварки. Сейчас же ведутся тестовые испытания первых образцов, которые были сделаны центром «Сварка и контроль» по заказу и в сотрудничестве с Челябинским заводом «Сатурн», — подчеркнул спикер.

В ходе международной научно-практической конференции «Современные технологии сварки, оборудование и материалы для строительства ма-

гистральных трубопроводов», организованной при содействии ПАО «Газпром», главные сварщики и руководители отраслевых подразделений нефтегазовых компаний представили проекты эффективного внедрения инноваций в сварочное производство и новые отечественные разработки, уверенно конкурирующие с ведущими мировыми компаниями.

В этих мероприятиях приняли участие представители международных отраслевых союзов, специалисты ведущих российских компаний и предприятий, а также представители научно-исследовательских институтов и вузов России и зарубежных стран. Доклады в рамках конференций продемонстрировали, что российские технологии в области сварки развиваются и соответствуют современному уровню. На конференциях, семинарах, круглых столах и в Центре деловых контактов в дни выставки состоялось большое количество встреч и обсуждений.

В рамках выставки состоялся также IV Молодежный форум сварщиков, Конкурс дипломных проектов выпускников Санкт-Петербургских вузов и финал Всероссийского конкурса профессионального мастерства молодых сварщиков, обучающихся по специальности среднего профессионального образования «сварочное производство».

Генеральный информационный партнер выставки — журнал «Мир сварки», информационные партнеры — журналы «Сварка и Диагностика», «Сварщик в России», «Сварщик» «Сварщик в Белоруссии» и др.

Организатором выставки являлась компания «ЭкспоФорум-Интернэшнл» в партнерстве с ОАО «Газпром», Альянсом сварщиков Санкт-Петербурга и СЗФО, компанией Messe Essen GmbH (Германия) и Китайским машиностроительным обществом (CMES). Проект проходил при поддержке Правительства Санкт-Петербурга, НАКС, Национального комитета по сварке РАН, Союзов промышленников и предпринимателей РФ и Санкт-Петербурга.

«Сварка / Welding» — ведущий форум передовых сварочных технологий в России и крупнейшая отраслевая площадка для конструктивного диалога власти, бизнеса и научного сообщества по вопросам развития сварочной индустрии. В этом году выставка впервые прошла в новом КВЦ «Экспофорум», ее посетили около 6 тысяч специалистов отрасли.

Выставка «Сварка / Welding» удостоена знака Российского союза выставок и ярмарок и сертифицирована Всемирной ассоциацией выставочной индустрии (UFI). Она входит в ТОП-10 ведущих мировых выставок по сварке.



Международная конференция «Дуговая сварка. Материалы и качество»

Е. А. Палиевская, ООО «Техпром» (Москва), **В. Н. Липодаев**, д-р техн. наук, ИЭС им. Е. О. Патона НАНУ (Киев)

С 31 мая по 3 июня 2016 г. в Волгограде прошла IX Международная конференция «Дуговая сварка. Материалы и качество», приуроченная к 25-летию образования ассоциации «Электрод». Организаторами конференции выступили ассоциация «Электрод», промышленная компания «Хобэкс-Электрод» (Волгоград) и Институт электросварки им. Е. О. Патона НАНУ при содействии Российского научно-технического сварочного общества (РНТСО) и общества сварщиков Украины (ОСУ). В работе конференции приняли участие около 50 руководителей и главных специалистов от 34 предприятий и организаций России, Украины, Казахстана и Литвы.

Конференцию открыл Исполнительный директор Ассоциации, ведущий научный сотрудник ИЭС им. Е. О. Патона В. Н. Липодаев. Участники конференции минутой молчания почтили память бывшего президента РНТСО профессора О. И. Стеклова, безвременно ушедшего из жизни. По случаю юбилея Ассоциации ее президенту Е. А. Палиевской, директору ООО «Техпром» (Москва) была вручена Почетная грамота, подписанная Б. Е. Патонам, текст которой зачитали перед собравшимися. Затем были заслушаны поздравления и добрые пожелания участникам конференции от президентов РНТСО и ОСУ.

Программа конференции включала 19 докладов и сообщений, вошедших в вышедший в свет к началу конференции сборник на 188 страницах.

Е. А. Палиевская в докладе «К 25-летию ассоциации «Электрод» осветила предпосылки создания в 1991 г.

Ассоциации предприятий-изготовителей сварочных электродов на постсоветском пространстве, этапы важных аспектов деятельности в направлении содействия технологическому перевооружению предприятий, усилия по организации Ассоциацией регулярных заседаний совета, семинаров и конференций, отметила содействие в издании монографии З. А. Сидлина «Производство электродов для ручной дуговой сварки» (2009 г.) и 25-ти тематических брошюр, содействующих профессиональному росту специалистов ассоциации. Создан и успешно функционирует сайт ассоциации, отражающий ее деятельность, аккумулирующий полезную информацию и способствующий сотрудничеству специалистов. Ассоциация за 25-летний период прошла этапы создания, становления и относительно бурного развития предприятий. Несмотря на экономический спад в последние годы, ассоциация подтвердила свою жизнедеятельность.

З. А. Сидлин (ООО «Техпром», Москва) рассказал о прошедшей 50 лет назад (1966 г., Киев) первой послевоенной конференции по сварочным материалам, участником которой он являлся. Она и сегодня поражает воображение как по числу участников, представительству стран и организаций, так и важности, масштабности обсуждаемых тем, авторитету принимавших в ней участие ученых и специалистов.

Ю. Н. Сараев (Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск) посвятил свое выступление основным направлениям фундаментальных исследований, проводимым институтом по повышению надежно-



сти конструкций, работающих в условиях низких температур. Отмечены как наиболее перспективные те направления, которые связаны с модифицированием композиционными материалами зоны соединения, с импульсным энергетическим воздействием и ударно-механической обработкой на нее.

Об анализе опыта применения сварочных материалов при изготовлении, монтаже, ремонте, строительстве и реконструкции объектов повышенной опасности рассказал А. Н. Жабин (СРО НП «НАКС», Москва). По его заключению в настоящее время акценты деятельности НАКС направлены на решение задачи поддержки отечественных производителей сварочного оборудования и сварочных материалов.

В докладе Г. Н. Соколова (Волгоградский ПУ) были представлены результаты исследований влияния ультрадисперсных частиц карбидов вольфрама и титана, вводимых в двухслойное электродное покрытие, на структуру и фазовый состав низкоуглеродистого наплавленного металла. Показана возможность получения мелкозернистой и однородной структуры металла шва с высокой ударной вязкостью при отрицательных температурах.

Ю. С. Коробов (Уральский федеральный университет, Екатеринбург) в докладе «Экономнолегированные порошковые проволоки для металлизации в износостойких и высокотемпературных применениях» рассказал о разработанной гамме порошковых проволок на основе железа, которые можно использовать для нанесения покрытий, в частности, активизированной дуговой металлизацией.

Вопросам повышения качества сварных соединений стабильноаустенитных сталей и сплавов был посвящен доклад В. Н. Липодаева (ИЭС им. Е. О. Патона). В нем проанализирован опыт ИЭС по усовершенствованию свариваемости коррозионностойких сталей и представлены разработки ряда покрытых электродов для применения их при производстве аппаратов и оборудования для эксплуатации в особо агрессивных средах.

З. А. Сидлин посвятил свое выступление вопросам качества сварочной проволоки для производства электродов. Докладчик проанализировал недостатки в поставке сварочной проволоки, особенно высоколегированной, от отечественных производителей. Наиболее рациональным решением проблемы может быть создание компактного специализированного предприятия с полным металлургическим циклом. Задачи импортозамещения и повышения качества могут быть реализованы совместными усилиями специалистов всех стадий металлургического процесса.

В докладе И. М. Лившица (ООО «Ижорские сварочные материалы», С.-Петербург) были рассмотрены особенности разработки покрытых электродов марки НХ-1 из стали типа 2,25 Cr-1 Mo-0,25 V для сварки нефтехимического оборудования, предназначенного для глубокой переработки нефти. Созданные электроды в полной мере отвечают требованиям в соответствии с нормами ASME.

В докладе С. А. Штоколова «Актуальность производства порошковых проволок в России» (НП «НПСО», Краснодар) проанализировано состояние производства наплавочных и сварочных порошковых проволок.

Отмечено, что в секторе сварочных проволок актуальным является запуск производства сварочных порошковых проволок малого диаметра (0,8–1,2 мм) для сварки малоуглеродистых и низколегированных сталей.

Особенности развития структурной неоднородности в зоне сплавления перлитной стали с аустенитным азотсодержащим металлом шва рассмотрены в докладе В. П. Елагина (ИЭС им. Е. О. Патона). Отмечена положительная роль азота при длительном нагреве в уменьшении развития структурной неоднородности в металле зоны сплавления соединений.

Л. Э. Пыхов (АО «Белорецкий металлургический комбинат») рассказал о разработке технологии производства сварочной проволоки марки 10Г1СН-ВИ из стали 10ХСНД, 15ХСНД. По результатам испытаний она рекомендована для сварки конструкций мостов в районах Крайнего Севера. Проволока аттестована в НАКС для группы опасных технических устройств.

В докладе А. Г. Кузнецова (ОАО «РОТЕКС», Москва) был освещен комплекс выполняемых предприятием работ по разработке, изготовлению, монтажу и пуско-наладке оборудования для всего цикла производства сварочных электродов, работы по комплексной модернизации действующих производств, поставке оснастки и РТН.

Следует отметить, что большинство докладов вызвали заметный интерес участников конференции, сопровождались вопросами и дискуссией. Со всеми докладами можно ознакомиться в изданном сборнике.

Вне программы был заслушан доклад В. М. Букина (Диагностический испытательный центр «МОСТ», Волгоград) на тему «Мера формы сварного шва», где на основании физических представлений о формировании сварного шва при сварке плавлением математически описана форма эталона поверхности стыкового и углового швов, выполненных в различных пространственных положениях, а также был показан Е. Г. Гребеником («СПО-Технологии», Армавир) видеоролик, отражающий деятельность компании в области производства основного и вспомогательного оборудования для изготовления покрытых электродов.

Участники конференции посетили производственную площадку ООО «ХОБЕКС-Электрод» (Волгоград).

Среди участников конференции распространялись выпущенные к юбилею Ассоциации брошюры, подготовленные ООО «Техпром» и ООО «Высокие технологии»:

З. А. Сидлин, Е. А. Палиевская. Проблемы сырьевой базы производства сварочных материалов.— М.,— 2016.— 36 с.

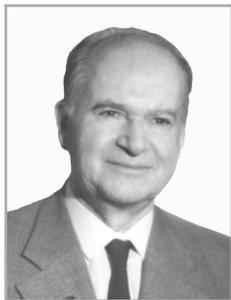
З. А. Сидлин. Импортозамещение и конкурентоспособность отечественных сварочных электродов.— М.,— 2016.— 12 с.

В целом программа конференции вызвала большой интерес у специалистов электродного производства. Было высказано пожелание провести в 2017 г. научно-практический семинар в Белгороде по теме «Сварочные материалы».

К 100-летию Б.И. Медовара

От основ металлургии сварки до основания электрошлаковой металлургии

А. П. Лютый, ПАО «Днепроспецсталь» (Запорожье)



Известный ученый в области сварки и металлургии Борис Израилевич Медовар родился в Киеве 29 марта 1916 года. С 25 лет до конца жизни работал в Институте электросварки им. Е.О. Патона, пройдя путь от дипломника до доктора технических наук (1960 г.), профессора (1962 г.), академика АН УССР (1973 г.), заслуженного деятеля науки и техники Украины (1991 г.). Кратко охарактери-

зует научный, инженерный и организаторский вклад Б.И. Медовара в разработку и получение металла высокого качества.

В 1950-х годах для развивающейся авиационной и космической техники, атомной и оборонной отраслей промышленности, энергетики и машиностроения потребовался во все возрастающих объемах металл особо высокого качества и надежности. Наиболее перспективными признаются стали, выплавленные с применением электрической энергии.

В конце XIX в. были изобретены первые технологии сварки, основанные на электрической и термохимической энергии. Но несмотря на более высокую производительность и возможность упрощения конструкций, сварочные технологии не пользовались доверием у производителей. Некоторые конструкции, в т. ч. и мостовые, разрушались.

В 1929 г. известный мостостроитель академик ВУАН (Всеукраинской академии наук) Е.О. Патон задумал построить цельносварной мост через Днепр в Киеве. Обнаружив, что известные способы сварки объемных конструкций не обеспечивают достаточно стабильного качества соединения, Патон взялся сам разрабатывать надежную технологию. История создания Электросварочной лаборатории, а за ней и ИЭС хорошо известны. Е.О. Патон впервые организовал академический институт, в котором фундаментальные научные исследования проходят стадии технологических и конструкторских работ, изготовления опытных образцов.

В 1936 г. Борис Медовар поступил учиться на сварочный факультет КПИ, организованный годом ранее Е.О. Патоном. Металлургические основы сварки здесь преподавал начальник технологического отдела ИЭС В.И. Дятлов. Он получил металлургическое образование в том же КПИ, работал на знаменитых заводах Златоустья, вернулся в родной Киев и здесь, в ИЭС, начал развивать металлургические основы сварки. Именно к нему в отдел попал на преддипломную практику Борис Медовар. Так со студенческой скамьи начался путь Б.И. Медовара в металлургию.

Для создания нового вида сварки Е.О. Патон организовал группу энтузиастов во главе с В.И. Дятловым. Ему помо-

гали А.М. Лапин, знаток металлургии сварки, специалист по доменным шлакам и опытный сварщик-лаборант В.С. Ширин. Работая с ними, Б.И. Медовар получил первые научные знания и опыт исследовательской работы. К сожалению, он не оставил записей об этом периоде своей жизни. Но вот что писал сам Евгений Оскарович о работе группы: «В конце лета 1939 г. бригада из нескольких сотрудников приступила к первым лабораторным опытам. В эту бригаду я подбирал людей с особым разбором. В.И. Дятлов с 1935 г. заведовал у нас отделом технологии. Это был образованный и энергичный человек, талантливый ученый, большой специалист по металлургии сварки. Он быстро завоевал авторитет и уважение в институте своим глубоким и оригинальным подходом к каждому исследованию.» («Воспоминания», с. 158).

В ходе разработки нового технологического процесса формировались научные металлургические основы сварки и родственных технологий. За первый короткий период работы в ИЭС студент Медовар «заразился» металлургией сварки, показал себя талантливым исследователем. После призыва Б.И. Медовара на фронт, Евгений Оскарович при первой же возможности попросил вернуть его в институт и в цеха танковых заводов. В тылу продовольственное обеспечение было намного хуже, чем на фронте, а работа — сложной, ответственной и тяжелой. Сотрудники ИЭС, разместившегося на Уральском танковом заводе в г. Нижний Тагил, внедряли и контролировали автосварку на десятках заводов. Сохранились протоколы тех лет, в которых записаны командировки: «15 апреля. Убыл на завод № 18 (ФИО) ...20 апреля. Прибыл в институт (те же ФИО) ...22 апреля. Убыл на завод № 34 (те же ФИО) и т.д.

В «Воспоминаниях» Е.О. Патон писал: «Однажды должен был ехать на дальний завод Арсений Макара. Он внезапно заболел. Я вызвал к себе м.н. с. Бориса Медовара. Медовар — человек исполнительный. На фронте, откуда мы его отозвали через Государствен-

ный Комитет Обороны, Медовар прошел большую и хорошую школу.— Хочу с Вами посоветоваться,— сказал я Медовару, который незадолго перед этим вернулся из длительной командировки.— Нужно Макаре ехать в Сибирь, а он, как Вы знаете, сильно захворал. Что делать? Кого послать? Вот список людей, давайте подумаем вместе. Мы стали просматривать список. По разным причинам одна кандидатура за другой отпадала.

Борис Медовар улыбнулся: «Выходит, Евгений Оскарович, что ехать нужно мне. Больше никому».

Я не очень искренне протестовал.

Медовар молча выслушал мои возражения и отправился за документами. Думаю, что он сразу разгадал мой нехитрый «дипломатический» прием». Следует отметить, что и сам Евгений Оскарович часто выезжал на заводы.

Весной 1944 г. ИЭС вернулся в Киев. Е. О. Патон организовал конверсию «военной» технологии в гражданский сектор восстановления разрушенной войной экономики страны. Одновременно в ИЭС продолжались исследования сварочных процессов. Б. И. Медовар и А. М. Макара, изучая структуру металла шва, пришли к заключению, что первичная кристаллизация сварочной ванны носит периодический прерывистый характер в соответствии с теорией периодичности кристаллизации слитка с учетом особенностей формирования сварного соединения. Их статья вызвала дискуссию на страницах журнала «Автогенное дело» и внесла значительный вклад в развитие металлургии сварки. Дальнейшими основными направлениями научных исследований Медовара явились металлургия, металловедение, сварка нержавеющей и жаропрочных сталей и сплавов; изучение взаимосвязи структуры и свойств сварных соединений, влияния других фаз в структуре аустенитных сварных швов на сопротивление горячим трещинам и склонность к межкристаллитной коррозии; физико-металлургические проблемы теории и практики электрошлакового переплава (ЭШП), литье; создание новых конструкционных материалов и изделий с регламентированными свойствами. Так, предложенные Б. И. Медоваром и С. М. Гуревичем флюсы для сварки высоколегированных сталей и сплавов, не содержащие в своем составе оксидные соединения, до настоящего времени успешно применяются в промышленности. Более того, идея использована для создания нового вида сварки — А-ТИГ. Такие флюсы появились за рубежом и стали применяться лишь по прошествии многих лет.

Основные направления прикладных работ Б. И. Медовара, по которым были получены существенные практические результаты: сварные трубы большого диаметра для магистральных трубопроводов; биметаллические и многослойные сосуды высокого давления для нефтехимии и атомной энергетики; толстолистовой прокат, имеющий повышенное металлургическое качество, для машиностроительной отрасли и специальной техники; разработка принципиально новых технологических решений и конструкций электрошлаковых печей; большие кузнечные слитки из металла ЭШП для тяжелого и энергетического машиностроения; полые толстые заготовки для производства труб горячей раскатки; прокатные валки из металла ЭШП; легированные бором жаропрочные аустенитные стали и сплавы для сварных конструкций; материалы и технологии для ВПК; стали и сплавы, имеющие

заданную анизотропию, структуру и свойства; электрошлаковое литье вместо кованных заготовок; применения ЭШП в производстве титановых слитков и полуфабрикатов; разработка дугошлакового переплава; создание безотходных электрошлаковых технологий, в т.ч. для утилизации отходов. Большинство из этих работ, выполненных впервые, способствовали дальнейшему развитию техники и экономики не только в СССР.

В 1946 г. Б. И. Медоваром разработана технология автоматической сварки под флюсом электродом, наклоненным вдоль оси шва «углом вперед», что позволило в несколько раз повысить скорость сварки. В 1949 г. первый отечественный непрерывный трубоэлектросварочный стан, сварочная аппаратура и источники энергии были введены в действие на Харцызском трубном заводе. Впервые сборку и сварку выполняли в одном агрегате при стационарно установленных сварочных головках и подвижных заготовках.

Помощник вице-президента АН УССР Е. О. Патона Б. М. Ефетов писал: «В июне 1949 г. была назначена комиссия для проверки состояния дел по сварке труб большого диаметра. В ее состав вошли главный инженер «Главтрубостали» К. М. Колповский (председатель), старший научный сотрудник нашего института Б. И. Медовар и другие руководители и ответственные специалисты ряда ведомств. Комиссия пришла к заключению, что опытный трубосварочный стан, разработанный ИЭС, пригоден для изготовления труб диаметром 630 мм со стенкой 8, 9 и 10 мм. Отмечалось, что трубы свариваются на стане со скоростью 87–132 м/ч и выдерживают давление 50 атм. Так весной 1949 г. был заложен первый камень в фундамент современного промышленного производства сварных труб большого диаметра». Таким образом, Б. И. Медовар оказался у истоков трубного производства. Вскоре трубосварочные цеха были пущены в г. Мариуполе, на уральских заводах. В 1955–56 гг. в ИЭС Б. Е. Патон, А. М. Макарой, Б. И. Медоваром и другими была разработана трехэлектродная автоматическая сварка и организовано производство труб для высоконапорных трубопроводов большого диаметра из стали толщиной 20–42 мм на Харцызском, Челябинском, Волжском, Выксунском и других заводах.

В 1949 г. Г. З. Волошкевич и Б. Е. Патон создали принципиально новый вид сварки — электрошлаковую сварку металлов неограниченной толщины. Именно этот процесс оказался в основе новой специальной большой

металлургии. Сам Борис Израилевич описывает эту историю так: «Ни сами первооткрыватели и их сотрудники, открывшие и исследовавшие новый процесс, ни их вдохновитель Е. О. Патон не могли знать, какая судьба уготовлена их детищу. Но вернемся к середине уходящего столетия. Восстановить разрушенное войной мы сумели достаточно быстро, за каких-нибудь 3–5 лет. Но страна вооружалась. Для производства более современного оружия необходимо создать могучее машиностроение и соответствующую металлургию. Известные в то время способы сварки не могли удовлетворить создателей новой техники. И здесь новый электрошлаковый сварочный процесс подошел, как нельзя лучше. Главная особенность новой технологии — возможность однопроходной сварки без разделки кромок металла практически неограниченной толщины... Необходимо отдать должное Б. Е. Патону. Он раньше других увидел в электрошлаковом процессе его потенциальные возможности в металлургическом производстве. Уже в 1952 г. он вместе с автором этой статьи выплавил в ИЭС первый в мире, пусть небольшой, но с выдающимися свойствами электрошлаковый слиток из аустенитной стали, а шесть лет спустя — в 1958 г. в цехе № 6 электросталеплавильного завода «Днепроспецсталь» в Запорожье ввели в эксплуатацию первую в мире промышленную печь электрошлакового переплава (ЭШП)». В 1962 г. в ИЭС был создан Отдел физико-металлургических проблем электрошлаковых технологий, которым Б. И. Медовар руководил до 1987 г.; с 1987 г. он советник при дирекции.

О том как впервые в мире осваивали электрошлаковый переплав можно узнать из неопубликованной книги ветерана завода М. С. Вульфовича «Развитие»: «В 1957 г. по заводу поползли тревожные слухи: директор затевает в СПЦ-1 какое-то опасное дело. Из адъюстажного отделения вывезли все оборудование и начали строить вакуумные дуговые печи, за которыми уже тянулся шлейф дурной славы. Но он еще начал строить печь совсем неведомого назначения, которую называли «электрошлаковый переплав» (ЭШП). Идею и первую опытно-промышленную печь для завода привезли из ИЭС им. Е. О. Патона. Было известно, что суть процесса заключается в расплавлении стальной штанги в слое шлака, температура которого достигает 2000 °С. А весь процесс происходит в медном водоохлаждаемом кристаллизаторе. Да какая же медь вы-

держит эту «сумасшедшую» температуру? «Жахнет», как пить дать. Ой, мудрит директор... Насчет освоения вакуумного дугового переплава стали (ВДП) указания министерства носили рекомендательный характер, там тоже побывали взрывы, а об ЭШП в министерстве вообще толком ничего не знали, хотите — стройте на свой страх и риск, и за свой счет. И А. Ф. Трегубенко строил, чуял — дело стоящее. И не ошибся.

Строительство печей ВДП затягивалось. Министерство приказало упрятать их в железобетонный бункер. Пока его проектировали, пока строили — время шло. С печью ЭШП все было проще. Там и строить-то было особенно нечего. Металлическая тумба, установленная на уровне пола цеха, к ней крепились (вверх) одна колонна с суппортом для зажима и перемещения электрода. И вторая колонна (вниз) для крепления и перемещения каретки с медным водоохлаждаемым поддоном. К тумбе крепился также медный водоохлаждаемый кристаллизатор. Вот и вся печь. Да и работа сталевара тоже была весьма своеобразной: почистил металлической щеткой поверхность электрода, закрепил его в суппорте, уложил на поддон «затравку» (шайбу из переплавляемой марки стали) и запальную смесь, сочленил поддон с кристаллизатором, а электрод опустил до соприкосновения с затравкой, засыпал рабочий флюс, включил ток — плавка пошла. Процесс плавления обеспечивал автоматический регулятор. Эта первая в мире полупромышленная печь ЭШП имела свое проектное обозначение типа — Р-909.

Первая плавка ЭШП была выплавлена 28 мая 1958 г. После отключения печи и небольшой выдержки слиток извлекли из кристаллизатора, оббили с его поверхности шлак и увидели... совершенно гладкую поверхность без литейных дефектов, свойственных слиткам, отлитым в изложницы. Первый слиток был диаметром 250 мм, весил 300 кг. А качество металла! Результаты были потрясающие! Макроструктура плотная без каких-либо намеков на усадочные явления по осевой части слитка. Неметаллические включения по оксидам, сульфидам и глобулям не превышали 0,5 балла по шкалам ГОСТ 801».

В 1966 г. там же, на «Днепроспецстали», пущен первый в мире цех специальной электрометаллургии. Металл ЭШП пошел к потребителю, отзывы были самые восторженные и его стали требовать в больших количествах. Печи ЭШП



«Проблемы необходимо решать не откладывая» — слева направо: Б. И. Медовар, И. И. Фрумин, Е. О. Патон, П. И. Севбо, Б. Е. Патон (октябрь 1947 г.)

начали строить на электрометаллургических и некоторых машиностроительных заводах. В последующие годы в СССР под руководством Б. Е. Патона и Б. И. Медовара с участием сотрудников отдела № 9 ИЭС и «Днепроспецстали» на заводах «Азовмаш» (бывший Ждановский завод тяжелого машиностроения, г. Мариуполь); Ижорском им. А. А. Жданова, Брянском машиностроительном, Веноковском энергетического машиностроения (Чехов, Московской обл.) и многих других были введены в эксплуатацию цеха для выплавки подшипниковых, броневых, корабельных, криогенностойких, инструментальных и других сталей для изделий, работающих в особых условиях. Электрошлаковые технологии выплавки слитков-слябов, полых слитков, крупнотоннажных горизонтальных слитков, с применением макрохолодильников, по бифилярной схеме, решили проблему производства многотонных слитков, сосудов высокого давления, корпусов реакторов для атомных и тепловых электростанций, коленчатых валов судовых дизелей, бандажей цементных печей, труб высокого давления, штампов, прокатных валков и других сверхкрупных изделий тяжелого и энергетического машиностроения.

Старший мастер отделения ЭШП С. С. Казаков вспоминал: «Весть о том, что на «Днепроспецстали» осваивают электрошлаковый переплав, быстро облетела весь металлургический мир. И на завод одна за другой стали приезжать делегации из США, Японии, Франции, Англии, Швеции и других стран. Смотрели процесс, печи, покупали лицензии. Б. И. Медовар пользовался у них большим авторитетом и уважением. Консультировал, выступал с докладами. Сотрудники ИЭС им. Е. О. Патона А. Г. Богаченко, В. М. Баглай, Л. М. Ступак и заводчане ездили запускать печи, налаживать плавку. Конечно, были и трудности.

Сложнее всего было с японцами. Перед тем, как приобрести у нас печь, дотошные японцы потребовали, чтобы в их присутствии на заводе была сделана



20 марта 1991 г. ИЭС им. Е. О. Патона. В день рождения Б. И. Медовара многие сотрудники отдела вернулись из командировок поздравить руководителя

плавка в коротком подвижном кристаллизаторе. Это было технически сложно: по мере роста слитка, соответственно, поднимается и кристаллизатор. В демонстрации плавки лично участвовал прародитель ЭШП академик Б. И. Медовар. В столь неординарной ситуации надо было сохранять спокойствие и выказывать полную уверенность в результатах плавки. Так оно, в общем-то, и было. Как вдруг на наших глазах произошло... подтекание шлака. Но Борис Израилевич продолжал спокойно разговаривать со мной. Только когда приостановили подтекание, я заметил Борису Израилевичу, что горячей каплей жидкого шлака ему прожгло пиджак.

— Черт с ним, с пиджаком, печь надо продать! — облегченно вздохнув, ответил он, довольный результатами эксперимента. В освоении листовой печи ЭШП в Японии участвовала также группа специалистов — «патоновцев» и наш сталевар Н. И. Миняйло. С их помощью в Японии была построена 40-тонная печь, и были получены 40-тонные слитки, хотя подобного опыта нигде в мире еще не было».

Из книги Г. М. Бородулина «История никогда не бывает безымянной»: «В мае 1983 г. на заводе торжественно отмечалось 25-летие электрошлакового переплава. В ДК «Октябрьский» прошла Всесоюзная научная конференция, посвященная этой знаменательной дате, в ней приняли участие ведущие ученые страны, а также специалисты электрометаллургического производства Министерства черной металлургии СССР. Опубликовали данные по увеличению объема производства ЭШП стали на заводах Министерства черной металлургии СССР. Если производство в 1958 г. принять за единицу, то в 1962 г. — 60, в 1973 г. — 600, в 1980 г. — 2600, а в 1983 г. — 2800 единиц. В 1983 г. переплавляли 190 марок самой высококачественной стали. По ЭШП было оформлено около 2000 изобретений, из них — в СССР — 1500, более 90 за рубежом».

После этого триумфального отчета Б. И. Медовар еще 17 лет развивал новое направление металлургии, решал многие другие проблемы. За 4 дня до смерти, 19 марта 2000 г., он корректировал проект новой печи.

Деятельность Б. И. Медовара отмечена премиями: Сталинской (1950 г.), Ленинской (1963 г.), Совета Министров СССР (1984 г.), Государственной СССР (1987 г.), Государственной УССР (1978 г.), Украины (2004 г.), им. Д. К. Чернова АН СССР (1959 г.), им. Е. О. Патона НАНУ (1990 г.), орденами Отечественной войны II степени, Ленина, двумя орденами Трудового Красного Знамени и медалями. Важным результатом его разносторонней деятельности стала подготовка 23 докторов и 64 кандидатов наук.

Б. И. Медовар — автор более 2000 публикаций. Ему принадлежит более 1000 авторских свидетельств и зарубежных патентов на изобретения. 00 публикаций. Ему принадлежит более 1000 авторских свидетельств и зарубежных патентов на изобретения.

• #954

Сервисная карточка читателя

Без заполненного
формуляра
недействительна

Для получения дополнительной информации о продукции/услугах, упомянутых в этом номере журнала:

- обведите в Сервисной карточке индекс, соответствующий интересующей Вас продукции/услуге (отмечен на страницах журнала после символа «#»);
- заполните Формуляр читателя;
- укажите свой почтовый адрес;
- отправьте Сервисную карточку с Формуляром по адресу: 01350, г. Киев, а/я 337, «Сварщик в России».

940 941 942 943 944 945 946 947 948 949 950 951
952 953 954 955 956 957 958 959 960 961 962 963
964 965 966 967 968 969 970 971 972 973 974 975
976 977 978 979 980 981 982 983 984 985 986 987
988 989 990 991 992 993 994 995 996 997 998 999
1000 1001 1002 1003 1004 1005 1006 1007 1008

Ф. И. О. _____

Должность _____

Тел. (_____) _____

Предприятие _____

Подробный почтовый адрес: _____

« _____ » _____ 2016 г.

_____ *подпись*

Формуляр читателя

Ф. И. О. _____

Должность _____

Тел. (_____) _____

Предприятие _____

Виды деятельности предприятия _____

Выпускаемая продукция / оказываемые услуги _____

Руководитель предприятия (Ф. И. О.) _____

Тел. _____ Факс _____

Отдел маркетинга / рекламы (Ф. И. О.) _____

Тел. _____ Факс _____

Отдел сбыта / снабжения (Ф. И. О.) _____

Тел. _____ Факс _____

Тарифы на рекламу 2016 г.

На внутренних страницах

Площадь	Размер, мм	Стоимость, руб.
1 полоса	210×295	20000
1/2 полосы	180×125	10000
1/4 полосы	88×125	5000

На страницах основной обложки

Страница	Размер, мм	Стоимость, руб.
1 (первая)	215×185	45000
4 (последняя)	210×295 (после обрезки 205×285)	30000
2		28000
3		26000

Изготовление оригинал-макета

- 10% стоимости рекламной площади

Статья на правах рекламы

- 1 стр. — 7500 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.

Сопроводительные материалы: распечатка файла обязательна, для цветных макетов – цветная, с названием файла, размерами макета и подписью заказчика. Размеры макета должны точно соответствовать указанным редакцией.

Носители: CD, DVD, или флэш-диск.

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

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

www.welder.stc-paton.com

Подписка-2016 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 %)

Заполняется печатными буквами