

Производственно-технический журнал

СВАРЩИК

№ **2** 2016

В РОССИИ

технологии — производство — ремонт

интерпро

**ПРОИЗВОДСТВО
СВАРОЧНОЙ И НАПЛАВОЧНОЙ
Порошковой ПРОВОЛОКИ**

Тел.: +7 (4862) 33-03-19

www.interpro-orel.ru

2 (60) 2016

Журнал выходит 6 раз в год.

Издается с мая 2006 г.

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

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

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

Производственно-технический журнал

СВАРЩИК

№ 2 2016

В РОССИИ

СОДЕРЖАНИЕ

Новости техники и технологий	4
Технологии и материалы	
Сравнительная оценка ударной вязкости металла ЗТВ сварных соединений и модельных образцов из низколегированных сталей. <i>В. Д. Позняков, С. Л. Жданов, А. А. Максименко</i>	6
Технологии и оборудование	
Технология и оборудование для предварительного и последующего подогрева при наплавке рельсов и других элементов железнодорожного пути. <i>В. М. Литвинов, Ю. Н. Лысенко, С. А. Чумак, А. Д. Худолей, А. Н. Шепило</i>	11
Электронно-лучевые технологии в сварочном производстве. <i>Г. И. Лащенко</i>	14
Технологии ремонтной сварки	
Развитие понятия «Свариваемость» применительно к ремонтной сварке базовых конструкций тяжело нагруженного оборудования. <i>В. И. Панов, С. В. Кандалов</i>	20
Наши консультации	23
Производственный опыт	
Усовершенствование технологии изготовления спекательных тележек на ООО «Метинвест-МРМЗ». <i>С. В. Крылов, О. В. Карауланов, В. Л. Сорока, Ю. В. Демченко</i>	25
Подготовка кадров	
Тренажер для электродуговой сварки МДТС-05 М1	29
Международные квалификации: что нового. <i>Е. П. Чвертко</i>	32
Охрана труда	
Системы менеджмента гигиены и безопасности труда: специфика внедрения и функционирования. <i>О. Г. Левченко, Ю. А. Полукаров</i>	34
Страницы истории	
К 100-летию А. М. Макары. Броневые стали. Человек, обеспечивший приоритеты ИЭС им. Е. О. Патона. <i>А. П. Лютый</i>	37



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 В. П. Семенов

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 24.06.2016. Формат 60×84 1/8. Печать офсетная. Бумага офсетная. Гарнитура PetersburgC. Отпечатано в ЗАО «ТДДС-Столица-8». Заказ № П000006313 от 24.06.2016. Тираж 1000 экз.

Издание выходит при содействии информационно-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
trofimits.welder@gmail.com

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

News of technique and technologies 4

Technologies and materials

Comparative estimation of impact toughness (resistance) of the metal of heat affected zone (HAZ) of welded joints and model samples of low-alloy steels.
V. D. Poznyakov, S. L. Zhdanov, A. A. Maksimenko 6

Technologies and equipment

Technology and equipment for preliminary and subsequent heating at welding surfacing of rails and other elements of the railway track.
V. M. Litvinov, Yu. N. Lysenko, S. A. Chumak, A. D. Khudoley, A. N. Shepilo 11

Electron-beam technologies in welding production.
G. I. Lashenko 14

Technologies of repair welding

The development of the concept of «Weldability» in relation to the repair welding the basic construction of heavily loaded equipment.
V. I. Pannov, S. V. Kandalov 20

Our consultations 23

Production experience

The improvement of production technology of sintering trucks at LLC «Metinvest-MRMZ». *S. V. Krylov, O. V. Karaulanov, V. L. Soroka, Yu. V. Demchenko* 25

Training of personnel

Simulator for electric arc welding MDTS-05 M1 29
International qualifications: what is new. *E. P. Chvertko* 32

Labour protection

Systems of management of occupational health and safety: the specifics of implementation and operation.
O. G. Levchenko, Yu. A. Polukarov 34

Page of history

To the 100-anniversary A. M. Makary. Armor steel. People, ensured the priorities of the E. O. Paton EWI.
A. P. Lutyi 37

ПРОДОЛЖАЕТСЯ ПОДПИСКА

Подписной индекс 20994
в каталоге «Пресса России»

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

Сравнительная оценка ударной вязкости металла ЗТВ сварных соединений и модельных образцов из низколегированных сталей

В. Д. Позняков, С. Л. Жданов, А. А. Максименко

Проведена сравнительная оценка влияния термических циклов сварки на показатели ударной вязкости металла зоны термического влияния образцов, изготовленных из валиковых проб, сварных соединений и модельных образцов, обработанных по термическому циклу сварки (ТЦС) из низколегированной стали 10Г2ФБ. Установлена хорошая корреляция между значениями ударной вязкости образцов, изготовленных из сварных соединений и обработанных по ТЦС модельных образцов из основного металла.

Технология и оборудование для предварительного и последующего подогрева при наплавке рельсов и других элементов железнодорожного пути

В. М. Литвинов, Ю. Н. Лысенко, С. А. Чумак, А. Д. Худолей, А. Н. Шепило

Рассмотрена технология восстановления изношенных участков рельсового пути наплавкой. Представлены разработки ООО «НИИПТмаш-Опытный завод» — переносная установка УНР-ЖД с термоизоляционным кожухом для нагрева рельсов на открытых участках и десятифакельная горелка ГЗУ-6ЖД. Схематически представлена горелка ГЗУ-6ЖД и объяснен принцип ее работы. Рассмотрено строение установки УНР-ЖД и приведены ее технические характеристики. Показано, что внедрение переносной установки УНР-ЖД улучшило условия труда, повысило производительность и равномерность нагрева, при сокращении расхода газов, что позволяет обеспечить качественную наплавку.

Электронно-лучевые технологии в сварочном производстве

Г. И. Лащенко

Представлено оборудование для электронно-лучевой сварки (ЭЛС). Описаны энергетический, электромеханический и вакуумный комплексы, из которых состоят установки для ЭЛС. Изучена классификация установок для ЭЛС. Описаны примеры промышленного применения ЭЛС. Показано, что благодаря ЭЛС эффективно решаются сложные производственные задачи в разных областях промышленности. Приведенные примеры свидетельствуют о том, что области применения ЭЛС расширяются, этому способствует совершенствование технологии ЭЛС и оборудования.

Развитие понятия «Свариваемость» применительно к ремонтной сварке базовых конструкций тяжело нагруженного оборудования.

В. И. Панов, С. В. Кандалов

Описано понятие «Свариваемость», которая подразделяется на физическую и технологическую; отмечено, что свариваемость зависит от нескольких переменных: материала, технологического процесса, типа конструкции и функционального назначения. Представлен прогноз физической свариваемости различных металлов между собой, подразумевающий получение монолитных сварных соединений с химической связью. Технологическая свариваемость описана как характеристика металла, определяющая его реакцию на воздействие сварки и способность образовать сварное соединение, близкое к основному металлу. Отмечено, что на свариваемость значительное влияние оказывают технологические операции, предшествующие сварке. Рекомендовано при разработке технологических решений ремонтной сварки ориентироваться на данные приведенной таблицы.

Усовершенствование технологии изготовления спекательных тележек на ООО «Метинвест-МРМЗ»

С. В. Крылов, О. В. Карауланов, В. Л. Сорока, Ю. В. Демченко

Описана агломерационная спекательная тележка модели ТСТ-2,7-1 для спекания агломерата или обжига окатышей, изготавливаемая из сталей 09Г2С и 10ХСНД в прокатно-сварном варианте. Оценена экономическая целесообразность замены полуавтоматической сварки в среде защитных газов на автоматическую под слоем флюса. Представлен расчет трудоемкости полуавтоматической сварки в CO_2 и автоматической сварки под флюсом. Определено, что замена первого способа сварки на второй обеспечивает экономию и снижает трудоемкость изготовления тележек на 37%. Предложены концепция и комплектации специализированной установки, а также технология сварки двутавровых балок, которые одобрены руководством заказчика ООО «Метинвест Холдинг» и приняты в производство.

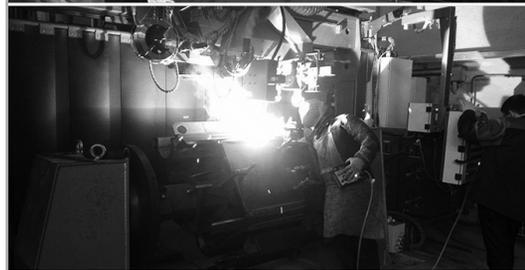


Запущен в эксплуатацию автоматизированный комплекс дуговой сварки КДС-27

На Новочеркасском электровозостроительном заводе успешно реализуется программа импортозамещения и создается единый центр комплектации двигателей-генераторов для тепловозов, который будет действовать в интересах всех тепловозостроительных предприятий Трансмашхолдинга — Коломенского завода, Брянского машиностроительного завода в том числе.

Для организации производственного процесса завод постоянно приобретает новое оборудование. Так, в сварочно-кузнечном цехе запущен в эксплуатацию комплекс дуговой сварки КДС-27 (ЗАО НПФ «ИТС»). Как рассказал заместитель начальника цеха по подготовке производства Емельянов В. А., новый комплекс дает возможность организовать одновременную работу 10-ти сварочных постов. Детали свариваются ответственные — узлы корпуса (магнитопровод и нижняя плита) тяговых двигателей для тепловозов.

Автоматизированный комплекс КДС-27 имеет целый ряд преимуществ — высокое качество шва, повышает производительность, исключает «человеческий фактор» при большом объеме сварки. А главное — значительно улучшаются условия труда. Работа на этом оборудовании требует не только знаний по специальности, но и основам программирования, а также навыков работы с оборудованием, осна-



щенным ЧПУ. Сварщики-операторы, работающие на КДС-27, одновременно проходят обучение под инструктажем специалистов фирмы-поставщика ЗАО НПФ «ИТС».

<http://www.npfets.ru/>

● #927

Система WeldTelecom

В рамках программы испытаний автоматизированных систем контроля выполнения сварочных работ компания «ЭЛЛОЙ» (г. Нижний Новгород) продемонстрировала на территории своего предприятия работу системы WeldTelecom. В экспертную группу вошли специалисты ОАО «АК «Транснефть», ООО «НИИ Транснефть» и ФГАУ «НУЦСК при МГТУ им. Н. Э. Баумана».

Система WeldTelecom предназначена для автоматизации процессов сварочного производства, повышения эффективности управления производственной деятельностью, а также для решения задач по повышению качества сварочных процессов на предприятиях за счет планирования производственных процессов и распределения ресурсов, возможности дистанционной установки оптимальных режимов сварочного процесса:

- дистанционного контроля режимов работы сварочных аппаратов в реальном времени;



- накопления статистики работы сварочных аппаратов в базе данных с последующим их анализом;
- контроля производительности и качества труда сварщиков;
- контроля расхода сварочных материалов и иных ресурсов;
- электронного документирования сварочного процесса и печати отчетных документов.

<http://www.alloynn.com/>

● #928



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 такого рода организации связано с формированием рынка технических газов в России, приходом на него иностранных компаний и повышением стандартов качества и безопасности. В переходный период и в связи с недобросовестной конкуренцией на рынке, появилась необходимость поддержки производителей промышленных и медицинских газов в соблюдении современных стандартов, для самой отрасли – создания надежного представительства в государственных органах. Наряду с этим компании отрасли нуждаются в обмене опытом и информацией, в методической и консультационной помощи. До настоящего времени отсутствовала организованная некоммерческая структура, которая бы обеспечивала подобную поддержку.

Основные задачи организации

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

- рассмотрения 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;
- организации образовательных и информационных мероприятий (тренингов, выставок, тематических семинаров, конференций, круглых столов и т.п.);
- оказания информационной, методической и консультационной помощи заинтересованным организациям.

Особо 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, а также предотвратить загрязнения окружающей среды. Предусмотрено проводить анализ и исследование причин несчастных случаев с целью предотвращения и уменьшения их последствий, а также обмен соответствующей информацией.

Средства для реализации целей организации:

- совершенствование 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. Гармонизация национальных, международных и региональных требований, включая области аудита, экспертизы, сертификации, диагностики состояния объектов производства промышленных и медицинских газов, определения допустимого срока эксплуатации оборудования, включая газовые баллоны и иные емкости для хранения промышленных и медицинских газов;
- разработка проектов, совершенствование и распространение базы нормативной документации в области деятельности Ассоциации;
- представление интересов членов Ассоциации на национальном и международном уровне;
- 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 рабочих групп проводятся встречи экспертов, по результатам которых разрабатываются документы. Документы, в случае необходимости, передаются 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» и др.

Ассоциация приглашает для вступления и участия в ее работе в качестве членов 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 продажей данных газов и оказанием сопутствующих услуг, будут приглашаться в качестве Партнеров Ассоциации.

Решения о приеме в Ассоциацию нового члена или Партнера принимаются Правлением Ассоциации на основании заполненного заявления-анкеты.

Контактная информация:

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

Тел.: +7 (495) 212-04-61

Сайт: www.apimg.ru

Мы будем рады видеть среди членов нашей организации добросовестных участников рынка технических и медицинских газов. Вместе мы сможем сделать больше для развития нашей отрасли и российской промышленности!

● #929

Сравнительная оценка ударной вязкости металла ЗТВ сварных соединений и модельных образцов из низколегированных сталей

В. Д. Позняков, чл.-кор., НАНУ, С. Л. Жданов, канд. техн. наук, А. А. Максименко, м.н.с., «ИЭС им. Е. О. Патона» НАНУ (Киев)

Проведена сравнительная оценка влияния термических циклов сварки на показатели ударной вязкости металла зоны термического влияния (ЗТВ) образцов, изготовленных из валиковых проб, сварных соединений и модельных образцов, обработанных по термическому циклу сварки (ТЦС) из низколегированной стали 10Г2ФБ. Установлена хорошая корреляция между значениями ударной вязкости образцов, изготовленных из сварных соединений и обработанных по ТЦС модельных образцов.

Ударная вязкость, характеризующая способность материала поглощать механическую энергию в процессе деформации и разрушения под воздействием быстродействующей динамической нагрузки, является одним из важных показателей механических свойств, которые определяют качество и работоспособность сварных соединений [1].

Поскольку различные участки сварных соединений (металл шва, зона термического влияния (ЗТВ)) могут отличаться по химическому составу, структуре и свойствам, то ударная вязкость определяется отдельно для каждого из них. Отбор проб, изготовление и испытание образцов на ударный изгиб осуществляются по ГОСТ 6996–66. В зависимости от цели испытаний, надрез располагают по металлу шва, по зоне сплавления и в различных участках околошовной зоны на определенном расстоянии от линии сплавления. Надрез может быть V-образным или U-образным. В соответствии с этим ударная вязкость имеет индекс KCV или KCU. Чаще всего такой подход к испытанию сварных соединений на ударный изгиб используется при аттестации сварщиков и технологических процессов сварки, а также на завершающем этапе проверки разработанных технологий сварки.

При проведении научно-исследовательских и экспериментальных работ по изучению влияния характерных для дуговых процессов сварки процессов нагрева — охлаждения на ударную вязкость металла ЗТВ используются несколько другие методы.

Один из них — «Метод валиковой пробы для определения допустимых режимов дуговой сварки и наплавки» (ГОСТ 13585–68) применяется для оценки изменения ме-

ханических свойств основного металла, вызываемых термическим циклом сварки как на участках непосредственно прилегающих к зоне сплавления, так и в других участках ЗТВ [2]. Суть данного метода заключается в наплавке валиков на сплошные или составные пластины исследуемой стали при различной погонной энергии и последующем определении ударной вязкости и прочих свойств ЗТВ. Наибольший интерес представляют данные о том, как погонная энергия сварки влияет на ударную вязкость металла ЗТВ на участке полной перекристаллизации. В этом случае надрез на образцах наносят таким образом, чтобы его дно располагалось на оси валика ниже границы сплавления на расстоянии не более 0,5 мм в сторону основного металла. Особенностью разрушения указанных образцов является то, что при испытании на ударный изгиб лишь его начало происходит в контролируемой зоне, а развитие — по основному металлу. Чем ниже погонная энергия сварки, тем больше основного металла будет вовлечено в разрушение, поэтому можно предположить, что испытания по методу валиковых проб, по видимому, должны достаточно хорошо характеризовать способность металла ЗТВ сопротивляться зарождению разрушения. Однако, достоверность информации относительно того как такой металл будет сопротивляться развитию разрушения вызывает сомнения. Особенно это касается тех случаев, когда наплавка валиков на пластину выполняется на относительно небольших режимах сварки ($Q_{св} \leq 30$ кДж/см) и соответственно ширина ЗТВ будет малой, а также когда показатели ударной вязкости стали существенно превышают ударную вязкость металла ЗТВ.

Влияние процессов нагрева — охлаждения на основной металл может оцениваться также с использованием метода, при котором термическое воздействие на металл осуществляется без применения сварки [3, 4]. В данном случае заготовки (брусочки определенных размеров) из исследуемой стали нагреваются и охлаждаются по режиму сопоставимому с термическим циклом сварки (ТЦС). Для этого заготовки нагреваются проходящим током до заданной температуры, а затем принудительно охлаждаются. В результате такого воздействия на металл в нем формируется приблизительно такая же структура, как и в металле ЗТВ сварных соединений, который испытывал аналогичное термическое воздействие при сварке. Поскольку при имитации ТЦС все сечение посередине заготовок нагревается и охлаждается равномерно, то можно предположить, что и ударная вязкость металла в разных участках этого сечения будет достаточно близкой. Следовательно, по результатам испытания образцов по данному методу, может быть получена более достоверная информация относительно способности металла ЗТВ той или иной стали сопротивляться развитию разрушения при ударном изгибе.

Принимая во внимание выше изложенное, целью настоящей работы являлось проведение сравнительной оценки влияния ТЦС на ударную вязкость металла ЗТВ образцов, изготовленных из валиковых проб и обработанных по режиму ТЦС заготовок основного металла на примере одной из низколегированных сталей.

Методики исследований. Для исследований по методу валиковых проб использовались пластины из стали 10Г2ФБ шириной 250–450 мм и длиной 600 мм. Они вырезались таким образом, что направление валика при последующей наплавке совпадало с направлением прокатки. Перед сваркой средняя часть пластин, предназначенная для наплавки валика, очищалась от окалины и продуктов коррозии на общую ширину 80 мм (по 40 мм в каждую сторону от оси наплавки).

Валик наплавлялся вдоль продольной оси симметрии пластины (рис. 1) на режимах, обеспечивающих изменение скорости охлаждения в интервале температур 600–500 °С ($W_{6/5}$) от 3 до 30 °С/с. Такая интен-

сивность охлаждения металла на участке перегрева ЗТВ характерна для большинства дуговых процессов сварки — автоматической под слоем флюса, механизированной в среде защитных газов, ручной штучными электродами. Параметры режимов сварки и соответствующие скорости охлаждения металла ЗТВ валиковых проб приведены в табл. 1.

Наплавка валика осуществлялась в кондукторе проволокой Св-08ГА диаметром 4,0 мм под флюсом АН-348 на постоянном токе обратной полярности при температуре в помещении равной плюс 27 °С. Колебания проволоки не допускались.

После окончания наплавки валика пластину оставляли в кондукторе до полного остывания валиковой пробы.

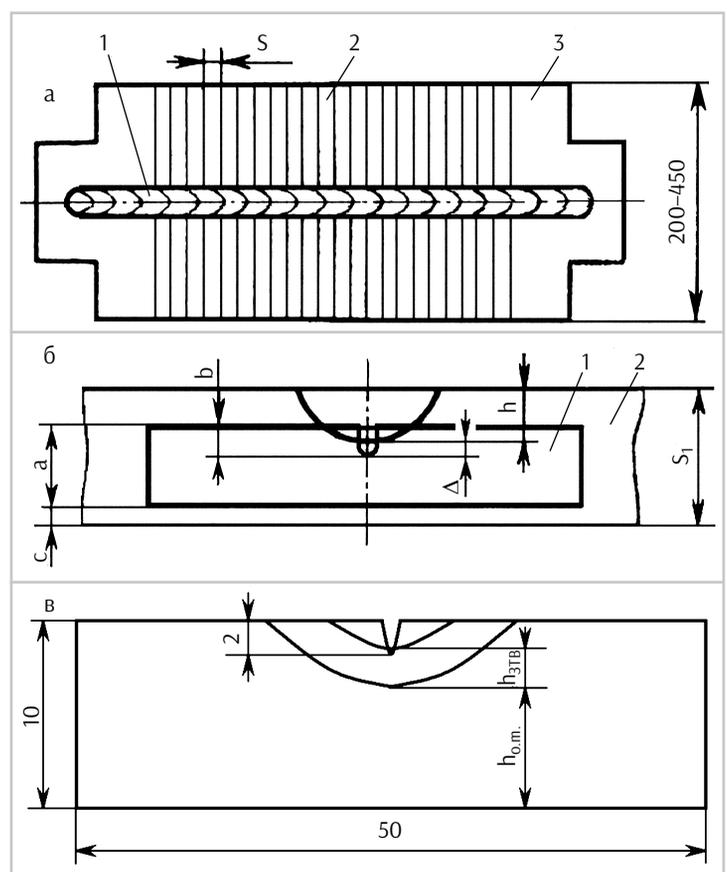


Рис. 1. Валиковая проба с наплавкой (а), схема вырезки образцов для испытаний на ударный изгиб (б) и обозначение участков сварного соединения, которые входят в состав ударного образца (в): 1 — наплавленный валик; 2 — составные бруски; 3 — выводная планка; $h_{напл}$ — участок с наплавленным металлом; $h_{ЗТВ}$ — участок ЗТВ; $h_{о.м.}$ — участок основного металла.

Таблица 1. Режимы наплавки и скорости охлаждения металла ЗТВ валиковых проб из пластин толщиной 18,7 мм

№ п/п	$I_{св}, A$	U_{gr}, B	$V_{св}, м/ч$	$Q_{св}, кДж/см$	$W_{6/5}, °C/с$
1	580–600	34–38	12,9	50,6	3
2	580–600	34–38	20,0	35,7	6
3	580–600	34–38	23,7	28,6	10
4	380–400	30–32	20,0	20,4	20
5	380–400	30–32	23,7	17,0	30

Из подготовленных и наплавленных вышеуказанным способом валиковых проб изготавливались образцы для механических испытаний. Чтобы эти образцы соответствовали требованиям, предъявляемым ГОСТ 13585-68, на начальном этапе работ из валиковых проб изготавливались шлифы, по которым определялись ширина и усиление валика, глубина проплавления и параметры ЗТВ. Это позволило установить толщину слоя металла с обратной стороны пластины, который необходимо удалять перед изготовлением образцов.

Для исследований использовались обработанные по ТЦС заготовки, изготовленные из исследуемой стали в виде брусочков размером 13×13×150 мм. Их термообработка производилась на установке МСР-75, разработанной в ИЭС им. Е.О. Патона [5]. Нагрев брусочков до температуры 1200–1300 °С (соответствует участку перегрева металла ЗТВ сварных соединений) осуществлялся проходящим током со скоростью 170–200 °С/с. При этой температуре они выдерживались в течении ≈ 2 сек., а затем охлаждались. Для обеспечения охлаждения брусочков со скоростью $W_{6/5}$ от 2,5 до 7,5 °С/с медные зажимы установки охлаждали проточной водой. Более интенсивные скорости охлаждения образцов достигались в результате дополнительного обдува образцов инертным газом, что позволяло за счет изменения величины расхода газа изменять $W_{6/5}$ от 8,0 до 30 °С/с.

Ударную вязкость металла ЗТВ дополнительно оценивали по результатам испытания образцов, изготовленных из стыковых соединений толщиной 18,7 мм с V-образной разделкой кромок (С21 по ГОСТ 5264-80 и 14771-76), выполненных ручной дуговой покрытыми электродами и механизированной в CO₂ сваркой. В этом случае вырезка образцов и нанесение надрезов осуществлялось по ГОСТ 6996-66.

Ручную дуговую сварку осуществляли электродами марки АНП-10 диаметром 4 мм в режиме: $I_{св} = 160–170$ А; $U_{д} = 24–25$ В; $V_{св} = 8,5–9,0$ м/ч, который обеспечивал интенсивность охлаждения металла ЗТВ сварного соединения со скоростью $W_{6/5} = 30$ °С/с. Для механизированной сварки в CO₂ использовалась порошковая проволока Mega fil 821R диаметром 1,2 мм и следующий режим: $I_{св} = 180–200$ А; $U_{д} = 28–30$ В; $V_{св} = 13,5–15,0$ м/ч. При этом скорость охлаждения на участке металла ЗТВ составляла 21 °С/с. В обоих случаях сварка осуществлялась на постоянном токе обратной полярности.

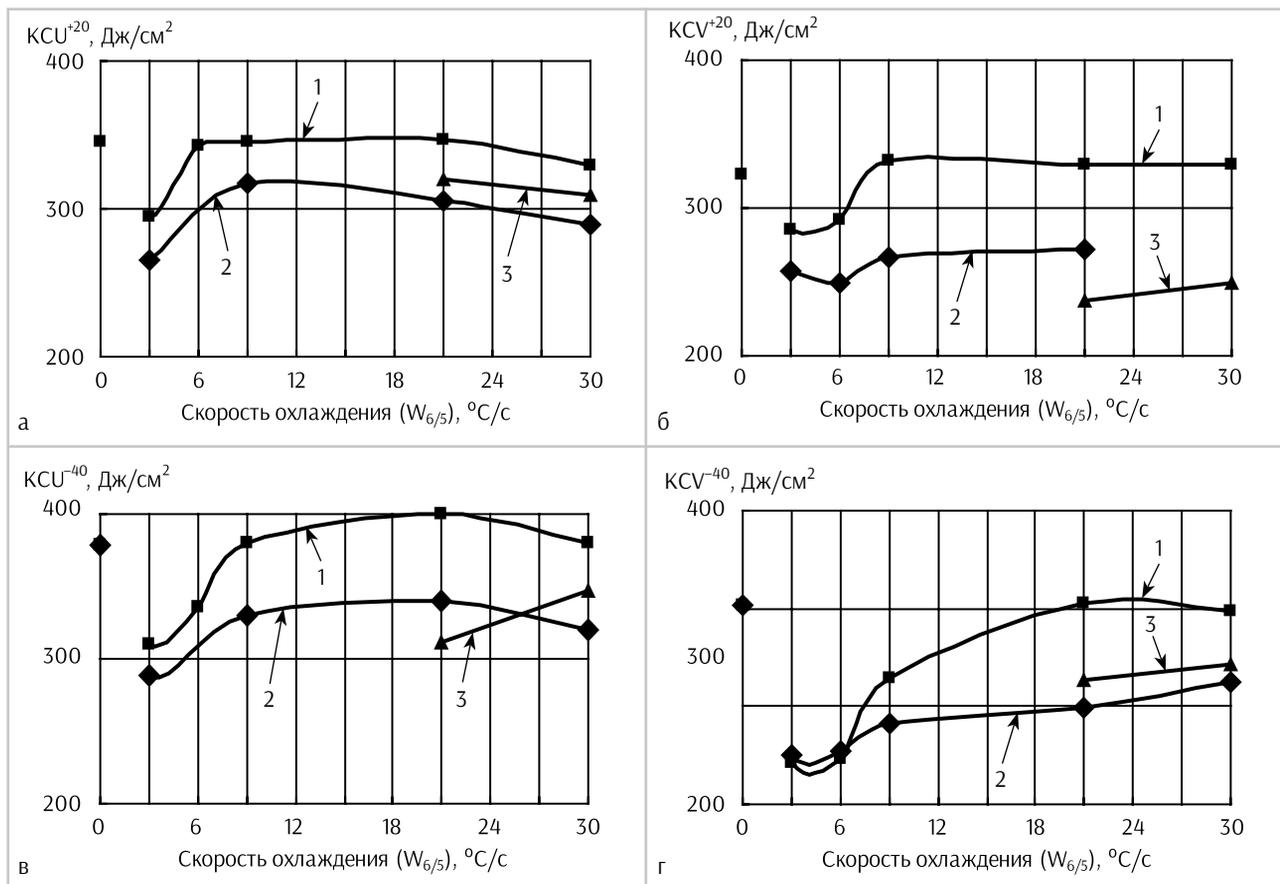


Рис. 2. Влияние скорости охлаждения на ударную вязкость образцов изготовленных из: 1 – валиковых проб; 2 – заготовок обработанных по ТЦС; 3 – сварных соединений (в точке $W_{6/5} = 0$ приведены значения показателей ударной вязкости основного металла).

Скорость нагрева — охлаждения образцов контролировалась хромель-алюмелевой термопарой диаметром 0,5 мм, которая соединялась с компьютером при помощи аналого-цифрового преобразователя. Изменение температуры оценивали с использованием программы WeveScan 2.0 и Exel.

Для определения ударной вязкости металла ЗТВ из валиковых проб и обработанных по ТЦС заготовок изготавливались образцы размерами 10×10×55 мм (тип VI с круглым надрезом и тип IX с острым надрезом по ГОСТ 6996-66). Вырезка образцов производилась механическим способом. Для предотвращения нагрева металла образцы охлаждались эмульсией.

Испытание образцов проводили при температурах плюс 20 и минус 40 °С (не менее трех образцов при каждой температуре). Определялась ударная вязкость на участке полной перекристаллизации металла ЗТВ (KCU^{+20} , KCU^{-40} , KCV^{+20} , KCV^{-40} , Дж/см²).

Результаты исследований. В качестве объекта исследований выбрана высокопрочная конструкционная микролегированная ниобием и ванадием сталь марки 10Г2ФБ толщиной 18,7 мм следующего химического состава в %: С — 0,08; Si — 0,25; Mn — 1,57; Mo — 0,19; Nb — 0,05; V — 0,05; Al — 0,032; N — 0,006; S — 0,007; P — 0,013. В состоянии поставки после контролируемой прокатки сталь имеет следующие механические свойства: $\sigma_T = 531\text{--}581$ МПа; $\sigma_B = 610\text{--}660$ МПа; $\delta_5 = 24,8\text{--}26,3\%$; $\psi = 62,0\text{--}64,8\%$; $KCU^{+20} = 340\text{--}350$ Дж/см²; $KCU^{-40} = 280\text{--}320$ Дж/см²; $KCV^{+20} = 300\text{--}330$ Дж/см²; $KCV^{-40} = 190\text{--}210$ Дж/см².

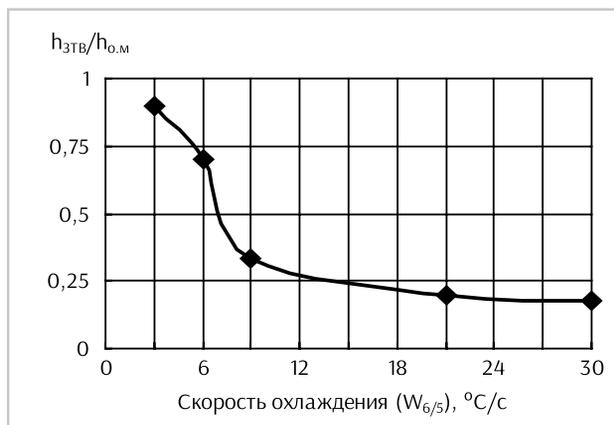


Рис. 3. Влияние скорости охлаждения валиковых проб на соотношение между шириной участков металла ЗТВ ($h_{ЗТВ}$) и основного металла ($h_{о.м}$), принимающих участие в разрушении ударных образцов.

По результатам испытаний образцов, изготовленных из валиковых проб, сварных соединений, а также термообработанных заготовок из исследуемой стали установлено, что под воздействием ТЦС ударная вязкость металла ЗТВ изменяется. По отношению к основному металлу она, как правило, снижается (рис. 2).

Наиболее заметное снижение показателей ударной вязкости металла на участке перегрева ЗТВ наблюдается в том случае, когда наплавка на пластины (при изготовлении валиковых проб) осуществлялась на режимах обеспечивающих высокую погонную энергию ($Q_{св} = 50,6\text{--}35,7$ кДж/см; $W_{6/5} = 3\text{--}6$ °С/с), а термообработка заготовок — по термическим циклам, обеспечивающим указанную скорость охлаждения металла в интервале температур 500–600 °С. Следует отметить, что при таких условиях охлаждения, показатели ударной вязкости образцов, изготовленных из валиковых проб и обработанных по ТЦС заготовок, исследуемой стали достаточно близки.

При снижении погонной энергии сварки скорость охлаждения $W_{6/5}$ увеличивается (табл. 1), показатели ударной вязкости металла ЗТВ повышаются. Наиболее заметное повышение показателей KCU и KCV , практически до уровня основного металла, наблюдается в том случае, когда исследования проводились с использованием образцов, изготовленных из валиковых проб, наплавка которых осуществлялась на режимах, обеспечивающих $Q_{св} \leq 28,6$ кДж/см ($W_{6/5} \geq 10$ °С/с). При этих же условиях охлаждения ударная вязкость термообработанных по ТЦС образцов также повышается. Однако во всех случаях она ниже, чем у образцов, изготовленных из основного металла и валиковых проб.

Как показано в работе [6], изменение показателей ударной вязкости стали 10Г2ФБ в результате воздействия на нее ТЦС связано с изменением фазово-структурного состава металла ЗТВ, а именно, с образованием в нем крупнозернистой ферритно-бейнитной структуры при $W_{6/5} \leq 10$ °С/с и мелкозернистой бейнитной структуры при $W_{6/5} \geq 10$ °С/с.

Чтобы объяснить отличия между показателями ударной вязкости образцов, изготовленных из валиковых проб

и обработанных по ТЦС брусочков, следует рассмотреть какие участки сварного соединения входят в состав ударных образцов и их соотношение в зоне разрушения.

Что касается образцов, изготовленных из обработанных по ТЦС брусочков, можно отметить следующее. Поскольку в процессе термообработки средняя часть образца, на которую впоследствии наносили надрез, нагревалась и охлаждалась равномерно, то в ней сформировалась однородная по составу структура. Соответственно в этом случае разрушение образца происходило по металлу, который имеет приблизительно одинаковые механические свойства.

Показанный на рис. 1 ударный образец, изготовленный из валиковых проб, частично состоит из слоя наплавленного металла, ЗТВ и основного ме-

талла. Наплавленный металл в разрушении образца участия не принимал, т. к. в нем расположен надрез. Поскольку ударные нагрузки приходятся на ЗТВ и основной металл, то именно по этим участкам и происходило разрушение образца.

Данные о том, как изменяется соотношение между шириной участка соответствующего ЗТВ ($h_{ЗТВ}$) и основного металла ($h_{о.м.}$) в зависимости от погонной энергии сварки приведены на *рис. 3*. Они свидетельствуют о том, что в зоне разрушения ударных образцов, изготовленных из валиковых проб, наплавка которых осуществлялась с использованием большой погонной энергии, соотношение между $h_{ЗТВ}$ и $h_{о.м.}$ составляет 0,9. Поэтому в данном случае разрушение образца преимущественно происходило по металлу ЗТВ как и в образцах, обработанных по ТЦС. И вполне закономерно, что показатели ударной вязкости образцов, изготовленных из валиковых проб и термообработанных брусочков практически совпадают.

По мере снижения погонной энергии сварки (увеличения $W_{6/5}$), ширина ЗТВ уменьшается. В связи с этим уменьшается и соотношение $h_{ЗТВ}/h_{о.м.}$. При $Q_{св} \leq 28,6$ кДж/см ($W_{6/5} \geq 10$ °С/с) доля участия в разрушении образцов ЗТВ снижается практически до 25%. Соответственно основное разрушение ударных образцов происходило по основному металлу. Этим, по-видимому, и можно объяснить тот факт, что показатели ударной вязкости образцов, изготовленных из валиковых проб, сварка которых осуществлялась на пониженных режимах, сопоставимы с показателями ударной вязкости основного металла.

Разрушение образцов, изготовленных из сварных соединений происходило преимущественно по металлу ЗТВ, в разрушение были вовлечены все участки ЗТВ, как высокотемпературные, так и низкотемпературные. Поэтому показатели ударной вязкости таких образцов существенно отличались от значений KCU и KCV образцов, изготовленных из валиковых проб и относительно хорошо коррелируют с аналогичными свойствами термообработанных образцов.

Исходя из вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

- влияние термических циклов сварки на показатели ударной вязкости металла зоны термического влияния сварных соединений стали 10Г2ФБ неоднозначно. Резкое снижение значений KCU и KCV наблюдается при скоростях охлаждения $W_{6/5} < 6$ °С/с. С повышением скорости охлаждения ударная вязкость металла ЗТВ увеличивается и в некоторых случаях достигает значений KCU и KCV основного металла;
- при малых скоростях охлаждения металла ЗТВ ($W_{6/5} < 6$ °С/с), характерных для процессов сварки, выполняемых на повышенной погонной энергии ($Q_{св} > 35$ кДж/см), разрушение ударных образцов происходит преимущественно по металлу ЗТВ, а показатели KCU и KCV образцов, изготовленных из валиковых

проб и обработанных по ТЦС заготовок отличаются незначительно;

- с увеличением $W_{6/5}$ до 10 °С/с и выше ($Q_{св} < 30$ кДж/см), разрушение образцов, изготовленных из валиковых проб происходит главным образом по основному металлу. За счет этого разница между показателями ударной вязкости образцов, изготовленных из валиковых проб и обработанных по ТЦС заготовок, становится заметной;
- обнаружена хорошая корреляция значений ударной вязкости между образцами, изготовленными из сварных соединений и обработанных по ТЦС заготовок основного металла.

Литература

1. Костин П. П. Физико-механические испытания металлов и сплавов и неметаллических материалов. — М.: Машиностроение, 1990. — 256 с.
2. Емелюшин А. Н., Сычков А. Б., Шекшеев М. А. Исследование свариваемости высокопрочной трубной стали класса прочности K56 // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г. И. Носова. — 2012. — Выпуск № 3. — С. 26–30.
3. Методика и оборудование для имитации термического цикла сварки (наплавки) / С. В. Гулаков, Б. И. Носовский, А. С. Новохацкая, В. В. Бурлака // Вісник Приазов. держ. техн. ун-ту: зб. наук. праць. — ПДТУ. — Маріуполь. — 2008. — Вип. 18, Ч. 1. — С. 179–183.
4. Comparison of Weldability of High-Strength Pipe Steels Microalloyed with Niobium, Niobium and Vanadium / A. V. Nazarov, E. V. Yakushev, I. P. Shabalov, Yu. D. Morozov, T. S. Kireeva // Metallurgist, January 2014. — Volume 57. — Issue 9. — P. 911–917.
5. Саржевский В. А., Сазонов В. Я. Установка для имитации термических циклов сварки на базе машины МСР-75 // Автомат. сварка. — 1981. — № 5. — С. 69–70.
6. Влияние циклического нагружения на микроструктуру и хладостойкость металла ЗТВ стали 10Г2ФБ / В. Д. Позняков, Л. И. Маркашова, А. А. Максименко и др. // Там же. — 2014. — № 5. — С. 3–11.

Технология и оборудование для предварительного и последующего подогрева при наплавке рельсов и других элементов железнодорожного пути

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

Основные элементы верхнего строения пути — рельсы, остряки и крестовины стрелочных переводов в процессе эксплуатации испытывают значительные нагрузки, под действием которых происходит их изнашивание и образуются локальные повреждения на поверхности катания. В результате эксплуатационных повреждений большое количество этих элементов ежегодно заменяют на новые. В одиночном порядке заменяют десятки тысяч элементов стрелочных переводов, рельсов в звеньевом пути и вырезают участки рельсов без стыкового пути, поврежденных выкрашиваниями на концах, пробуксовками и другими дефектами. Это приводит к значительным потерям пропускной способности участков дорог, потерям металла, увеличению эксплуатационных расходов.

Продлить срок службы элементов верхнего строения пути, имеющих вышеуказанные повреждения и износы, позволяет технология ремонта этих дефектов наплавкой.

При ремонте рельсов и стрелочных переводов наплавкой существуют трудности, вызванные тем, что они изготавливаются из трудно свариваемой высокоуглеродистой рельсовой стали, склонной к образованию холодных трещин и хрупких закалочных структур: мартенсита, тростита и бейнита.

Чтобы исключить вероятность образования трещин в соединениях перед наплавкой их подогревают до заданной температуры. С целью снижения риска образования хрупких закалочных структур необходимо обеспечить медленное остывание наплавленных элементов. Для этого во время всего процесса наплавки и при последующем остывании рельс в начале и в конце участка наплавки также подогревают, чтобы снизить уход тепла по холодным участкам. Чтобы снять внутренние напряжения, непосредственно после наплавки и горячей шлифовки, рельс нагревают для отпуска, а затем, чтобы исключить образование трещин, медленно охлаждают.

Указанные технологические операции позволяют: уменьшить содержание диффузионного водорода в наплавленном металле и твердость металла зоны термического влияния, снизить уровень остаточных напряжений в соеди-

нениях, что уменьшает риск образования в них холодных трещин.

В процессе предварительного подогрева восстанавливаемых участков рельсов из углеродисто-марганцовистых сталей нагреву подвергают всю зону, на которую будет выполняться наплавка, плюс 100–200 мм поверхности в каждую сторону от этой зоны. Допустимые отклонения от рекомендуемой температуры — не менее $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ и не более $+150\text{ }^{\circ}\text{C}$.

В случае, когда электродуговая наплавка углеродисто-марганцовистых сталей производится самозащитой порошковой проволокой ESAB OK Tubrodur 15.43 диаметром 1,6 мм, перед наплавкой рекомендуется выполнить предварительный подогрев изделия до температуры 400–450 $^{\circ}\text{C}$. Наплавка выполняется продольными валиками длиной до 300 мм с проковыванием после наплавки специальным пневмомолотком. Каждый последующий валик наплавляется с перекрытием предыдущего.

При проведении предварительного подогрева необходимо быть уверенными в том, что все наплавливаемые поверхности доведены до требуемой температуры. Температура изделия при предварительном подогреве и в процессе наплавки контролируется цифровым пирометром.

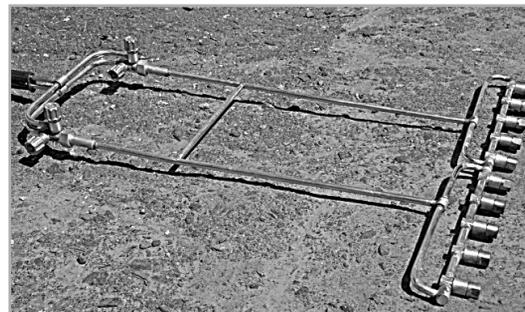


Рис. 1. Горелка для нагрева рельсов ГЗУ6-ЖД

Для практического решения вопросов выполнения необходимых тепловых режимов ранее пользовались газокислородными серийными горелками ГЗУ-3 или резаками РЗ, но они не обеспечивают равномерность нагрева наплавляемого участка и скорость нагрева низкая. Это снижает качество наплавки.

С целью повышения качества работ по восстановлению изношенных участков рельсового пути наплавкой и экономии энергоносителей (кислорода и горючего газа), ООО «НИИПТмаш-Опытный завод» разработал переносную установку УНР-ЖД с термоизоляционным кожухом для нагрева рельсов на открытых участках и десятифакельную горелку ГЗУ6-ЖД для работы в «узких местах».

На рис. 1 изображена горелка для нагрева рельсов ГЗУ6-ЖД. Она состоит из ствола (рис. 2) и наконечника (рис. 3).

Ствол горелки (рис. 2) предназначен для подачи кислорода и горючего газа к наконечнику и для регулировки их расхода. Он состоит из рукоятки 1, газоподводящих трубок 2, которые перераспределяют потоки рабочих газов на две независимые и симметричные нитки, двух корпусов 5, к которым подсоединяется накидными гайками наконечник, двух кислородных вентилей 3 и двух вентилей для горючего газа 4.

В наконечнике горелки (рис. 3), в каждой из двух ниток кислород и горючий газ смешиваются в смесительной камере 1. Образовавшаяся горючая смесь через трубку 2 попадает в замкнутый коллектор 3, откуда через пять головок 4 и пять мундштуков 5 выходит в зону горения, образуя по пять факелов в каждой из двух ниток. Регулировка мощности и структуры пламени в каждом плече наконечника осуществляется независимо друг от друга. Такая конструкция наконечника позволяет осуществлять нагрев разной интенсивности двух соседних участков.

Представление о процессе нагрева участка рельса под наплавку горелкой ГЗУ6-ЖД можно получить из рис. 4, техническая характеристика горелки представлена в табл. 1.

На рис. 4 показан процесс нагрева рельсового пути на участке, где из-за тесноты невозможно использовать переносную установку для нагрева рельсов с термоизоляционным кожухом УНР-ЖД, чертеж которой представлен на рис. 5.

Таблица 1. Техническая характеристика горелки ГЗУ6-ЖД

Параметры		Показатели
Расход, м ³ /ч	Кислорода	2,2
	Пропан-бутана	4,6
Давление на входе в горелку, МПа	Кислорода	0,2–0,4
	Пропан-бутана	0,05–0,1
Параметры, не более	длина, мм	850
	масса, кг	1,6
Присоединительная резьба на штуцерах	Для кислорода	M16x1,5
	Для горючего газа	M16x1,5LN

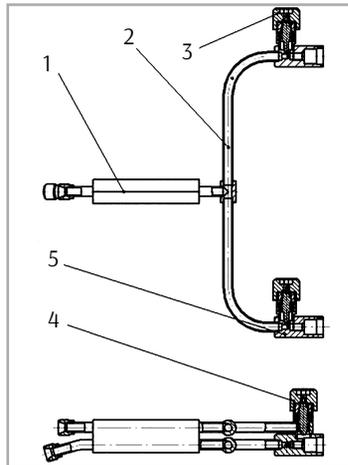


Рис. 2. Ствол горелки для нагрева рельсов ГЗУ6-ЖД

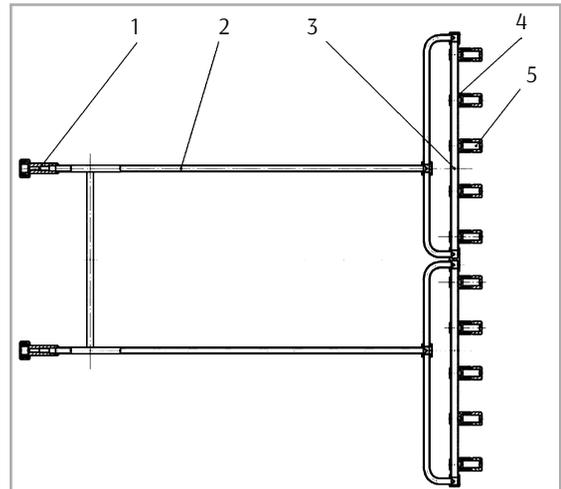


Рис. 3. Наконечник горелки для нагрева рельсов ГЗУ6-ЖД



Рис. 4. Процесс нагрева участка рельса под наплавку горелкой ГЗУ6-ЖД

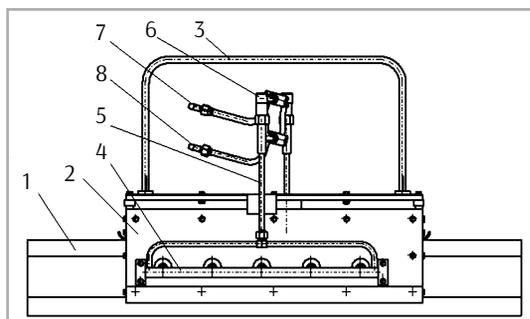


Рис. 5. Чертеж переносной установки для нагрева рельсового пути УНР-ЖД



Рис. 6. Испытания переносной установки для нагрева железнодорожных рельсов с термоизоляционным кожухом УНР-ЖД в лабораторных условиях.

Переносная установка УНР-ЖД (рис. 5) представляет собой термоизоляционный кожух 2, выполненный в виде металлического короба прямоугольной формы, внутренние поверхности которого облицованы огнеупорным материалом, а торцевые поверхности имеют вырезы под рельс с направляющими поверхностями, который устанавливают на нагреваемый рельс 1. На боковых поверхностях кожуха, с двух сторон, закреплены два коллектора 4 таким образом, чтобы головки с мундштуками были соосны с отверстиями в кожухе. Коллектор 4 с помощью накидной гайки соединен со смесительной камерой 5, в верхней части которой расположен вентильный блок 6 с кислородным вентилем и вентилем для горючего газа. К вентильному блоку 6 припаяны трубки для подвода кислорода 7 и горючего газа 8 с нипельно-муфтовыми соединениями, с помощью которых подсоединяют соответствующие резиноканевые рукава Ду 9. Между боковыми стенками и крышкой кожуха 2 предусмотрена щель 5 мм для выхода продуктов горения наружу. К крышке прикреплена ручка 3 для транспортировки установки. Поджигание установки осуществляется через боковые отверстия кожуха, а необходимая мощность пламени регулируется с помощью вентильного блока 6.

Техническая характеристика переносной установки УНР-ЖД приведена в табл. 2.

На рис. 6 показаны испытания переносной установки УНР-ЖД в лабораторных условиях.

На рис. 7 представлен процесс ремонта дефектного участка рельсового пути наплавкой с использованием для предварительного подогрева установки УНР-ЖД.

Таблица 2. Техническая характеристика переносной установки УНР-ЖД

Параметры	Показатели	
Расход, м ³ /ч	Кислорода	1,8
	Пропан-бутана	3,2
Давление на входе в горелку, МПа	Кислорода	0,2–0,4
	Пропан-бутана	0,05–0,1
Параметры, не более	длина, мм	700
	масса, кг	6,0
Присоединительная резьба на штуцерах	Для кислорода	M16x1,5
	Для горючего газа	M16x1,5LN

Внедрение переносной установки для нагрева железнодорожных рельсов УНР-ЖД на предприятии-заказчике (ООО «Укр-строй») улучшило условия труда, т.к. тепловое и световое излучение от пламени работающих мундштуков нейтрализовано теплоизоляционным кожухом. Повысилась также производительность нагрева при одновременном сокращении расхода газов-энергосносителей, но главным преимуществом внедрения установки УНР-ЖД в производство является то, что гарантирован равномерный нагрев, подлежащего наплавке, рельса до заданной температуры, которая легко регулируется, что позволяет обеспечить качественную наплавку.

Использование горелки ГЗУ6-ЖД улучшило равномерный нагрев сложных участков рельсового пути, что сказывается на качестве наплавки. Горелка ГЗУ6-ЖД более производительная, маневренная и более экономичная, чем оборудование, использовавшееся ранее.



Рис. 7. Ремонт дефектного участка рельсового пути наплавкой с использованием установки УНР-ЖД (на переднем плане – справа).

Электронно-лучевые технологии в сварочном производстве*

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

Оборудование для электронно-лучевой сварки. Установки для выполнения электронно-лучевой сварки (ЭЛС) относятся к категории систем, в которых использованы современные достижения высоковольтной электроники, микроэлектроники, электронной оптики и вакуумной техники (рис. 13). Установки для ЭЛС включают три основных комплекса: энергетический, электромеханический и вакуумный (Сварщик № 4–2015) [4].

В **энергетический** комплекс (блок) входят электронная пушка, источник ее питания и система управления. Ряд энергоблоков для ЭЛС, производимых ИЭС им. Е. О. Патона и ОАО «СЭЛМИ» (Сумы), приведен в табл. 6 [1].

Указанные энергоблоки оснащены системами компьютерного управления, диагностики состояния и протоколирования результатов сварки. При необходимости результаты диагностики могут быть переданы от пользователя к изготовителю, для принятия немедленного решения в случае отказа в системах энергоблока.

К источникам ускоряющего напряжения, предназначенным для использования в установках ЭЛС, предъявляют следующие требования [8]: нестабильность выходного напряжения $\leq \pm 1\%$; пульсация выходного напряжения $\leq 2\%$; запас в выходных цепях $\leq 1-2$ Дж/кВт; наличие системы подавления высоковольтных разрядов в пушке; время восстановления высокого напряжения после пробоя не должно превышать несколько миллисекунд.

Современные источники питания для ЭЛС отличаются высокой стабильностью ускоряющего напряжения и возможностью предотвращения электрических пробоев, что позволяет обеспечить бездефектное формирование кольцевого шва, в том числе на наиболее критическом участке пе-

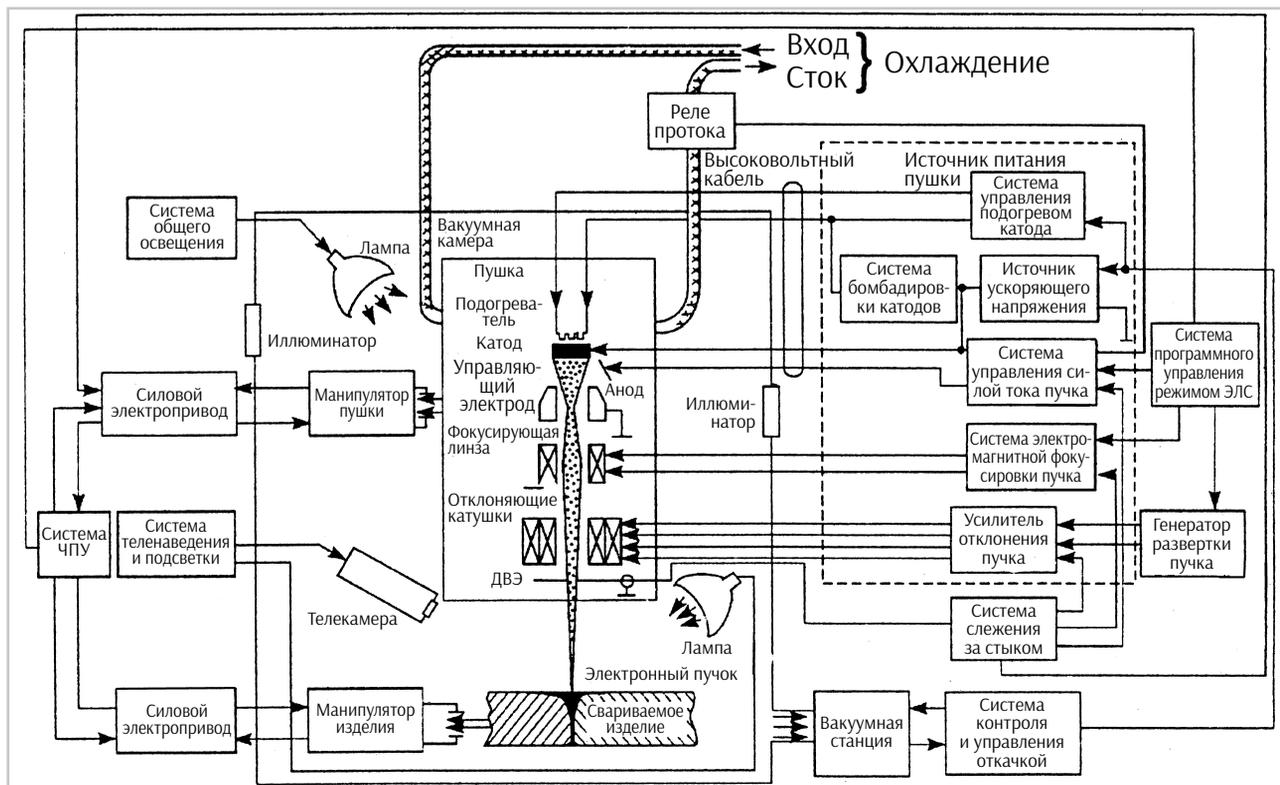


Рис. 13. Функциональная схема установки для электронно-лучевой сварки (система ЧПУ – система числового программного управления; ДВЭ – датчик вторичных электронов)

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

рекрытия, выполняемого на толстостенных конструкциях [8]. Наиболее перспективны инверторные источники питания, которые имеют хорошие регулировочные характеристики, небольшие габариты и массу, более высокий коэффициент полезного действия [8]. Согласно [9] в настоящее время подтверждена эффективность применения инверторных источников питания при мощности пучка до 18 кВт и отсутствия жестких требований к импульсному изменению силы тока в нем.

В электронно-лучевых установках используют модульный принцип управления, позволяющий реализовать требуемую конфигурацию системы управления [4]. Система управления позволяет осуществить:

- контроль и диагностику параметров сварочной пушки, геометрии электронного пучка, процесса сварки и термообработки;
- программирование управления режимами сварки и термообработки, траекторией и скоростью манипулятора;
- автоматическое управление вакуумной системой, поиском стыка, слежением за стыком (прямолинейным, криволинейным или типа «труба–трубная доска»), записью и воспроизведением траектории свариваемого или сваренного стыка, фокусировкой электронного пучка;
- наблюдение, с помощью телевизионной установки по вторичной электронной эмиссии, за рабочей зоной сварки и термообработки;
- управление статическим и периодическим отклонением электронного пучка с однократным и двукратным преломлением, электронным поворотом осей отклоняющей системы электронной пушки, асинхронными двигателями пятикоординатного манипулятора.

Электромеханический комплекс включает в себя механизмы, предназначенные для выполнения всех сварочных, установочных и транспортных перемещений свариваемых изделий и электронной пушки (манипуляторы свариваемого изделия и электронной пушки, устройство транспортировки изделия) и соответствующие системы электропитания и управления [4].

В состав **вакуумного комплекса** входят вакуумная камера с механизмами для герметизации и разгерметизации, вакуумные

Таблица 6. Энергоблоки для ЭЛС, производимые ИЭС им. Е. О. Патона и ОАО «СЭЛМИ»

Параметр	ЕЛА-3	ЕЛА-15	ЕЛА-30В	ЕЛА-30/45	ЕЛА-60	ЕЛА-120/6	ЕЛА-120В
Мощность пучка, кВт	3	15	30	45	60	6	120
Ускоряющее напряжение, кВ	60	60	60	30	60	20	120
Установленная мощность, кВ · А	5	25	57	70	90	8	120
Максимальная глубина шва, мм, при сварке:							
сталей	10	50	75	Плавка и испарение	100	15	250
титановых сплавов	15	80	110		150	20	400
алюминиевых сплавов	20	120	150		200	35	450
Примечания. 1. Стабильность ускоряющего напряжения и силы тока пучка ±0,5%. 2. Угол отклонения пучка равен ±7°							

Таблица 7. Классификация установок для электронно-лучевой сварки

Способ защиты сварочной ванны	Основной конструктивный признак	Назначение
Полное вакуумирование свариваемого изделия	Шлюзование свариваемого изделия	Поточное производство
	Раздельные вакуумные камеры для электронной пушки и свариваемого изделия	Мелкосерийное производство
	Групповая загрузка свариваемых изделий	
	Загрузка единичных изделий	Сварка крупногабаритных, уникальных изделий и изделий разного ассортимента
Локальное вакуумирование зоны сварки	Перемещающаяся вакуумная камера (совместно с электронной пушкой). Неподвижная вакуумная камера, перемещающаяся электронная пушка	Сварка крупногабаритных изделий
Природный вакуум	Стационарные установки. Ручное управление аппаратами	Сварка в открытом космосе
Защитные газы (вневакуумная сварка)	Герметичные камеры для сварки в среде защитных газов. Локальный поддув защитных газов, переносная или стационарная защита от рентгеновского излучения	Мелкосерийное производство. Сварка крупногабаритных изделий

насосы и арматура, вакуум-проводы и средства контроля степени разрежения [4].

Следует отметить, что в установках для ЭЛС применяют полное локальное вакуумирование свариваемого изделия, а при вневакуумной сварке — защитные газы. Способ защиты сварочной ванны является основным при классификации сварочных установок (табл. 7) [4].

В качестве материала для вакуумных камер используют конструкционные или нержавеющей стали, титановые сплавы или полимербетон. Камеры должны обеспечи-

вать возможность наблюдения за рабочей зоной через иллюминатор, необходимую прочность и жесткость при воздействии атмосферного давления и нагрузок, создаваемых навесным оборудованием, герметичный ввод электронной пушки, электрических соединений, механических валов и датчиков вакуума, возможность загрузки и выгрузки изделий, обслуживания внутрикамерного оборудования, защите персонала от рентгеновского облучения.

В последнее время повысились требования к системам откачки газа с целью сокращения времени откачки из крупногабаритных вакуумных камер электронно-лучевых установок и увеличения количества рабочих циклов за смену. Согласно [10] время достижения рабочего вакуума $2,66 \cdot 10^{-2}$ Па ($2 \cdot 10^{-4}$ мм рт. ст.) в вакуумной камере объемом 20–30 м³ не должно превышать 20 мин. Установлено, что наличие паров воды в значительной степени замедляет процесс откачки, поскольку пары конденсируются на стенках камеры и ее механизмах. Одним из путей ускорения откачки газа является вымораживание водяных паров путем размещения криозмеевиков на стенках вакуумной камеры. При этом полную откачку газа из вакуумной камеры объемом более 20 м³ осуществляют за 20 мин., в то время как при отключенной системе вымораживания — за 40 мин., т.е. в 2 раза дольше [10].

Вымораживание водяных паров, кроме сокращения времени откачки, уменьшает вероятность попадания влаги в зазор между свариваемыми кромками, что предотвращает появление мелких пор при сварке титановых сплавов.

В электронно-лучевой пушке (ЭЛП) обычно создают вакуум 10^{-3} Па, а в рабочей камере в процессе работы — менее $5 \cdot 10^{-2}$ Па. Такой вакуум обеспечивает надежную работу ЭЛП при высоких напряжениях и позволяет остро фокусировать пучок при отсутствии соударения электронов с молекулами остаточного газа. Современное состояние вакуумной техники (рабочие камеры объемом более 400 м³ с высокопроизводительными системами вакуумирования) позволяет использовать это преимущество и при сварке относительно больших деталей.

Если необходимо сваривать толсто-стенные детали, например в энергетическом машиностроении, то можно решить эту проблему, используя габариты имеющейся в наличии камеры. При этом ЭЛП монтируют на вакуумной камере в виде рамы со скользящими уплотнениями, которую устанавливают на свариваемой детали и перемещают в направлении сварки (рис. 14). В этом случае деталь является частью вакуумной камеры. Сварку можно вести неподвижными установками в так называемом локальном вакууме и подвижными — в мобильном вакууме. И в том, и в другом случае обратную сторону свариваемого изделия нужно герметизировать. При сварке в мобильном вакууме для этой цели применяют обратный уплотнитель, перемещающийся синхронно со сварочной пушкой. Изоляцию от атмосферы обеспечивают системой ступенчатого вакуумирования (рис. 14). Уплотнительная система выполнена так, чтобы полностью исключить ее повреждение горячей поверхностью сварного шва или действием теплоты, выделяющейся при сварке. Для предотвращения попадания воздуха через еще не заваренный зазор последний закрывают фольгой.

С помощью системы ступенчатого вакуумирования электронный луч можно выводить из вакуума в атмосферу. Поскольку мощность его при выходе быстро уменьшается, указанный способ пока применяют

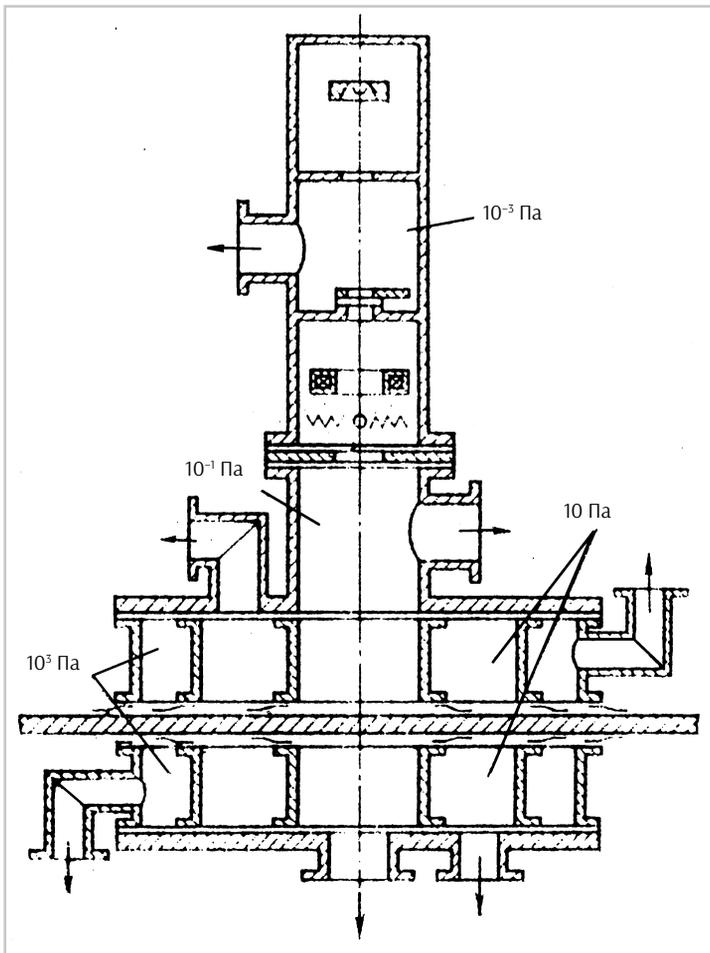


Рис. 14. Подвижная установка для электронно-лучевой сварки с частичной герметизацией изделия

редко. Напротив, сварка в промежуточном вакууме от 10^{-3} до 1 Па перспективна для массового производства. Для ее осуществления область пушки, в которой происходит ускорение электронов, отделяют от сварочной камеры вакуумным затвором, а откачку газа из обоих объемов ведут раздельно до разных остаточных давлений.

В настоящее время наиболее востребованными являются промышленные установки для ЭЛП трех типов [9]:

- установки с вакуумными камерами небольшой (от 0,2 до 3,5 м³) вместимости, снабженные стационарной или скользящей вдоль одной из стенок сварочной пушкой;
- тактовые (многопозиционные) установки, которые применяют для сварки шестерен, буровых долот и др. изделий;
- крупногабаритные универсальные установки, отличительной особенностью которых является использование внутрикамерных электронных пушек, перемещаемых в пределах до 12 м с максимальной скоростью 120 м/ч, при точности позиционирования $\pm 0,05$ мм.

Промышленное применение ЭЛС.

Электронно-лучевая сварка обладает рядом существенных преимуществ, к которым относят [4, 5, 11]:

- высокую концентрацию энергии в электронном пучке и локальность нагрева, позволяющие получать швы с отношением глубины к ширине до 50 и малое время пребывания металла в расплавленном состоянии;
- минимальные деформации свариваемого изделия;
- надежную защиту расплава сварочной ванны от окисления и насыщения азотом за счет вакуума;
- возможность регулирования с высокой точностью параметров электронных пучков и на этой основе возможность точного дозирования энергии, вводимой в свариваемое изделие;
- возможность сварки сложных конструкций в углублениях и труднодоступных местах за счет того, что расстояние от пушки до зоны сварки обычно 50–200 мм, а при применении мощных пушек может быть увеличено до 1500 мм.

В качестве недостатков, присущих ЭЛС, отмечают следующие [4]:

- необходимость тщательной подготовки свариваемых поверхностей (размагничивание, очистка, обеспечение зазора в стыке не более 0,1–0,3 мм);
- сложное и дорогостоящее сварочное оборудование (вакуумная техника, высокоточные механизмы перемещения, высоковольтная электроника, системы управления);
- большая продолжительность подготовительных операций (монтаж-демонтаж свариваемого изделия, вакуумирование — развакуумирование, тестирование электронной пушки и других функциональных систем, наведение на стык и др.);
- трудности правильного выбора режима сварки, наблюдения за зоной сварки, слежения за свариваемым стыком, контроля пространственно-энергетических характеристик электронного пучка;
- ограниченная свариваемость различных металлов и сплавов из-за вакуума и высокой концентрации энергии электронного пучка;
- невозможность сварки неэлектропроводных материалов;
- необходимость защиты от рентгеновского излучения.

На основе анализа приведенных выше достоинств и недостатков, свойственных ЭЛС, а также соответствующих экономических расчетов, потребитель принимает решение о применении этого способа сварки для выполнения своих задач. Благодаря ЭЛС эффективно решаются сложные производственные задачи в автомобилестроении, энергетическом машиностроении, судостроении, авиакосмической и других отраслях промышленности.

Альтернативой ЭЛС материалов обычно считается лазерная сварка. Экономически лазерная сварка выигрывает или сравнима с электронно-лучевой при мощности пучков до 5 кВт (толщина металла до 6 мм). При большей мощности электронно-лучевая сварка экономичнее лазерной.

За последние десять лет оба лучевых процесса получили широкое развитие и используются во многих отраслях машиностроения [11].

ЭЛС находит все более широкое применение, прежде всего, благодаря усовершенствованию технологии за счет применения электроники. Большие вакуумные камеры (до 630 м³) позволяют выполнять сварку деталей машин весьма внушительных размеров с толщиной свариваемых элементов до 250 мм и более.

Лазерная сварка имеет огромное преимущество в том, что ее можно использовать вне вакуума, но пока только в диапазоне толщин материалов до 20 мм.

Остановимся на некоторых примерах промышленного использования ЭЛС в последнее десятилетие.

Разработанная в ИЭС им. Е. О. Патона технология электронно-лучевой сварки низколегированных сталей, в том числе кольцевых швов толщиной до 150 мм с бездефектным их замыканием, успешно реализована в промышленных условиях. ЭЛС неоднократно применялась в произ-

водстве конструкций из титановых и алюминиевых сплавов толщиной до 300 мм [1].

В [12] приведены результаты применения ЭЛС при изготовлении оборудования для атомных электростанций в Японии. В соответствии с принятыми в этой стране нормами применение ЭЛС при соединении конструкций из аустенитных сталей допускается для вспомогательных резервуаров, внутрикорпусных устройств колонковой трубы и устройств активной зоны ядерного реактора. За последнее время с помощью ЭЛС в большой вакуумной камере (300 м³, размером 6×7×8 м) было изготовлено около 700 комплектов вспомогательных резервуаров.

ЭЛС применяют при изготовлении аккумуляторов массой 52 т, диаметром 3,5 м, высотой 5,29 м и с толщиной стенки 90 мм, выполненных из углеродистой стали марки 5А516Сг70, специально обработанной оксидом титана. Из-за ограниченных возможностей оборудования продольную сварку выполняли в вертикальном нижнем положении, а кольцевую — в горизонтальном положении.

ЭЛС применяют и при изготовлении конструкций из низколегированных сталей SQV 2В (0,21 С+; 1,4 Мп+; 0,56 Ni+; 0,17 Сг+; 0,45 Мо). Локальную ЭЛС в вакууме использовали для соединения большой модели сосуда давления с наружным диаметром около 2350 мм, толщиной 120 мм и высотой 1000 мм, изготовленной из стали SQV 2В. Ее считают наиболее перспективной при изготовлении металлоконструкций для атомных электростанций [12].

Использование ЭЛС при изготовлении газотурбинных двигателей (ГП НПКГ «Зоря-Машпроект», Николаев) позволило разработать и внедрить в серийное производство ряд принципиально новых сварных конструкций: роторы КНД, КВД, шестерни центральных приводов, валы ТКВД из материалов ВТ 3-1, ВТ-8, ВТ-9, ЭП-609, ЭП-517 [13]. Разработана технология исправления дефектов в сварных узлах, изготовленных дуговым способом, путем их переплавки электронным пучком.

Длительная эксплуатация узлов газотурбинных двигателей, изготовленных с помощью ЭЛС, показала их высокую надежность и долговечность. ЭЛС окончательно обработанных узлов (роторов) позволила отказаться от дорогостоящего и трудоемкого способа соединения дисков роторов штифтами, смогла обеспечить качественное соединение плохо свариваемых жаростойких и жаропрочных сталей и сплавов, широко применяемых в турбиностроении, существенно улучшить коэффициент использования металла, до 40% снизить трудо-

емкость изготовления узлов, повысить производительность труда.

Благодаря ЭЛС удалось усовершенствовать изготовление поршней двигателей внутреннего сгорания с полостью охлаждения из высококремнистого алюминиевого сплава АК21М2,5Н2,5 [14]. Поршень изготавливают из двух частей и затем сваривают электронным пучком.

В последние годы отчетливо проявляется тенденция выпуска инструмента преимущественно из биметалла: режущая часть из быстрорежущей стали, а основа — из углеродистой или низколегированной. При изготовлении ножовочных полотен, особенно бесконечных кольцевых пил для ленточно-отрезных станков, широко применяют сварную биметаллическую полосу-заготовку, что позволяет снизить расход быстрорежущих сталей на 80–90%. Эти, так называемые ленточные пилы обладают высокой производительностью (в 1,5–2 раза выше чем у фрезерно-отрезных станков и в 2–3 раза — чем у ножовочных), малой шириной реза при высокой точности и чистоте поверхности.

Несмотря на возможность использования ряда способов сварки режущей кромки с лентой-основой, наиболее распространенной является ЭЛС [15].

В качестве примера можно привести разработанную фирмой «Steigerwald Stahltechnik», входящую в «IGM Robotersysteme AG» (Германия), установку для производства биметаллической заготовки ленточных пил и ножовочных полотен с применением ЭЛС [15]. Непрерывность процесса ЭЛС достигается за счет применения входных шлюзовых устройств, находящихся в вакууме разной степени разрежения, а также системы дифференцированной откачки из сварочной пушки. Максимальная производительность установки при изготовлении заготовок достигает 900 м/ч, а мощность применяемой электронно-лучевой аппаратуры — 8,5 кВт при ускоряющем напряжении 135 кВ.

Аналогичное оборудование создано в ИЭС им. Е. О. Патона совместно с предприятием Paton-Glesi (Гуилинь, КНР). Была спроектирована специальная электронная пушка, пригодная для длительной непрерывной эксплуатации (не менее 18 ч/сут). Высоковольтный источник питания снабжен быстродействующей электронной системой защиты от возможных пробоев в сварочной пушке. Наведение электронного пучка на стык свариваемых лент осуществляют путем поперечного смещения сварочной пушки относительно оси лент с помощью растровой телевизионной системы с 10-кратным увеличением изображения. Мак-

симальная выходная мощность источника питания 6,0 кВт при ускоряющем напряжении 120 кВ.

Эта установка введена в эксплуатацию на инструментальном заводе в Шанхае (КНР) в конце 1998 г. На ней в 1999 г. произведено 90 т сварной биметаллической заготовки различных типоразмеров: от 14,0×0,63 мм (для слесарного инструмента) до 38,0×1,95 мм (для машинных ножовок). Основные типоразмеры изготавливаемых сварных заготовок для ленточных пил следующие: 25,4×0,95; 31,8×1,15 и 40,0×1,35 мм. Скорость сварки достигает 12 м/мин, а время, необходимое для переналадки установки с изготовления одного типоразмера биметаллической заготовки на другой, не превышает одного часа.

С помощью ЭЛС усовершенствовано изготовление буровых долот [16]. Буровые шарошечные долота являются основным инструментом для высокоскоростного вращательного бурения земных пород. Общий объем бурения шарошечными долотами достигает десятков тысяч километров, поэтому проблема создания породоразрушающего инструмента является весьма актуальной. Шарошечные долота работают в жестких условиях, в среде агрессивной жидкости при высоких статических и динамических нагрузках. Поэтому к долоту предъявляются высокие требования в части эксплуатационных показателей, прочности и герметичности сварных швов.

ЭЛС обеспечивает минимальные термические деформации долот и термическое влияние на узлы шарошечных подшипников. Однако традиционные материалы, в первую очередь стали 14ХНЗА и 20ХНЗА, применяемые в конструкциях бурильных долот, имеют ограниченную свариваемость, и свойства металла сварных соединений из этих сталей уже не отвечают условиям высокоскоростного бурения, что вызывает необходимость повышения их эксплуатационных характеристик.

Повышения свойств сварных соединений указанных сталей удалось достигнуть за счет модифицирования сварных швов титаном путем введения в стык фольги из стали 10Х18Н10Т. Это позволяет избежать появления трещин в сварных швах, повышает механические свойства сварных соединений, что улучшает эксплуатационные характеристики свариваемых изделий.

Для реализации промышленной технологии ЭЛС буровых долот была разработана высокопроизводительная сварочная установка, оснащенная тремя сварочными пушками, которые присоединены к одному источнику ускоряющего напряжения. Одновременно осуществляется сварка трех продольных швов, что сводит к минимуму свароч-

ные деформации и повышает производительность сварки. Процесс сварки отображается на мониторе в режиме реального времени, причем пучок каждой из трех пушек автоматически совмещается с соответствующим стыком с помощью системы «Растр» вторичного электронного отображения поверхности. Сварка длится менее одной минуты. Тактовое время выхода свариваемого долота менее 5 мин. Габариты вакуумной камеры позволяют выполнять сварку долот всех типоразмеров, при этом меняется только узел сборки и сварки.

Приведенные выше примеры свидетельствуют о том, что области применения электронно-лучевой сварки продолжают расширяться. Этому способствует непрерывное совершенствование технологии ЭЛС и соответствующего оборудования.

Список литературы:

- Чайка Н. К. Инверторный источник ускоряющего напряжения для установок электронно-лучевой сварки // Автомат. сварка. — 2009. — № 6. — С. 47–51.
- Назаренко О. К. Современное оборудование ИЭС им. Е. О. Патона для электронно-лучевой сварки // Там же. — 2008. — № 10. — С. 36–40.
- Назаренко О. К. Сокращение времени откатки крупногабаритных вакуумных камер электронно-лучевых сварочных установок // Там же. — 2008. — № 3. — С. 54–55.
- Мидделдорф К., Хофе фон Д. Тенденции развития технологий соединения материалов // Там же. — 2008. — № 11. — С. 39–47.
- Применение электронно-лучевой сварки в атомной промышленности Японии / Й. Уратани, Д. Такано, М. Наяма и др. // Там же. — 2009. — № 7. — С. 35–44.
- Лобанов В. А., Николаенко В. П., Кайдалов А. А. Электронно-лучевая сварка в НПКГ «Заря» — «Машпроект» // Сварщик. — 2004. — № 2. — С. 10–15.
- Применение электронно-лучевых технологий сварки, упрочнения и наплавки в дизелестроении / М. В. Радченко, В. Г. Радченко, Ю. О. Шевцов и др. // Свароч. пр-во. — 2007. — № 5. — С. 27–30.
- Назаренко О. К. Перспективы электронно-лучевой сварки при изготовлении биметаллических ленточных пил и ножовочных полотен в Украине // Автомат. сварка. — 2001. — № 1. — С. 26–32.
- Нестеренков В. М., Протосей Н. Е., Архангельский Ю. А. Технологические особенности электронно-лучевой сварки буровых долот // Там же. — 2009. — № 5. — С. 5–11.

● #932

Развитие понятия «Свариваемость» применительно к ремонтной сварке базовых конструкций тяжело нагруженного оборудования

В. И. Панов, д-р техн. наук, С. В. Кандалов, ПАО «Уралмашзавод» (Екатеринбург)

Развитие информационных технологий в сварочном производстве связано с расширением применения С-технологий [1–4]. Одной из главных составляющих этого направления является совместная работа конструктора и технолога над технологичностью конструкции.

Под технологичностью конструкции изделия понимают совокупность свойств конструкции изделия, определяющих ее применение для достижения оптимальных затрат при производстве, техническом обслуживании и ремонте для заданных показателей качества, объема выпуска и условий выполнения работ (ГОСТ 14.205-83 «Технологичность конструкции изделия. Термины и определения»). Важная роль в обеспечении технологичности конструкций изделий принадлежит технологическим свойствам конструкционных материалов, основными из которых являются литейные свойства, обрабатываемость давлением и резанием, разрезаемость, свариваемость, паяемость и др. По сравнению с другими технологическими процессами сварочный процесс имеет свои специфические особенности, которые оказывают сильное влияние на свойства обрабатываемого материала. Поэтому ремонтно-пригодности базовой детали тяжело нагруженного оборудования с помощью сварки уделяется большое внимание.

В отечественной практике понятие «Свариваемость» определено ГОСТ 29273-92, в международной практике — стандартом ИСО 581-80И «Свариваемость. Определение». Согласно последнему, свариваемость зависит от четырех переменных: материала, технологического процесса, типа конструкции и ее функционального назначения.

Исторически понятие «Свариваемость» подразделяется на физическую и технологическую свариваемость [2].

Физическая свариваемость подразумевает возможность получения монолитных сварных соединений с химической связью. Она определяется физико-химическими свойствами соединяемых металлов и характеризует принципиальную возможность получения сварных соединений, в основном из разнородных металлов, в том числе и с неметаллами.

На *рисунке* представлен прогноз физической свариваемости различных металлов между собой [6]. Он составлен на основании анализа более 200 бинарных диаграмм равновесного состояния для 23-х широко известных конструкционных металлов. Диаграммы такого типа взаимодействия компонентов в жидком и твердом состояниях основаны на чрезвычайно замедленных нагреве и охлаждении, протекающих

иногда в течение сотни часов. Этот прогноз может быть использован для выбора пар металлов, обладающих физической свариваемостью, а также для оценки влияния легирующих элементов сплавов, подвергаемых сварке в ходе ремонта.

Действительные же условия процесса сварки существенно отличаются от равновесных, поэтому определение свариваемости по диаграммам состояния отражает лишь принципиальную возможность получения сварного соединения.

Приступая к ремонтной сварке (например колонного оборудования для производства соды), необходимо учитывать, что при расплавлении конструкционного материала (в данном случае модифицированный чугуи СЧ20Н + титан) образуются несмешивающиеся слои, которые при последующем охлаждении кристаллизуются самостоятельно, а после затвердевания легко отделяются друг от друга. Прочность такого сварного соединения равна 0.

Технологическая свариваемость — это характеристика металла, определяющая его реакцию на воздействие сварки и способность образовывать сварное соединение, близкое к свойствам основного металла или их нормативным значениям, заданным эксплуатационными требованиями. В этом случае свариваемость рассматривается как степень соответствия свойств сварных соединений одноименным металлам.

На технологическую свариваемость существенное влияние оказывают химический состав свариваемого металла, теплофизические, физико-химические и механические свойства. Свариваемость одного и того же материала может быть оценена различно в зависимости от назначения изделия, поэтому решающее воздействие на этот показатель оказывает тип сварной конструкции. Конструктивный фактор сварива-

емости определяет тип сварного соединения, пространственное положение сварки, форму и способ подготовки кромок под сварку, взаимное расположение свариваемых элементов, их массу и толщину, жесткость сварной конструкции, последовательность выполнения сварных соединений, напряженное состояние элементов этой конструкции перед монтажом и др. Сварное соединение, полученное одним и тем же видом сварки, может быть признано в одном случае пригодным, а в другом – непригодным для эксплуатации. ГОСТ 29273-92 предусматривает возможность частного определения свариваемости в каждом конкретном случае. Под конкретным изделием следует понимать изделие с заданными эксплуатационными показателями и условиями, функциональным назначением, типом конструкции.

Учитывая, что стандартное определение свариваемости носит прикладной характер и отражает функциональное назначение машин или оборудования (в состав которых входит сварная конструкция) в условиях эксплуатации, допустимо при ремонтной сварке базовых деталей тяжело нагруженного оборудования ввести в употребление термин «функциональная свариваемость».

В сварочной практике традиционно принято различать несколько качественных

степеней технологической свариваемости: хорошую, удовлетворительную, ограниченную и плохую.

В основе такой классификации сталей лежит эквивалент углерода химический или комплексный эквивалент (учитывающий толщину и др. факторы) углерода Сэкв, от значения которого устанавливают ту или иную степень свариваемости с необходимыми технологическими мероприятиями по ее обеспечению. В различных литературных источниках хорошей свариваемостью обладают стали в широком диапазоне Сэкв, каждое ведомство само устанавливает градацию Сэкв. Для магистральных трубопроводов к хорошо свариваемым сталям отнесены стали с Сэкв менее 0,2%, для конструкций тяжелого машиностроения – менее 0,45–0,49%.

Принятая классификация свариваемости ограничивается содержанием углерода не выше 0,40–0,45% (Э.Л. Макаров, Ф.Р. Коэ и другие). Данных по свариваемости сталей с большим содержанием углерода в специальной литературе нет, т.к. такие материалы не применяются в сварных конструкциях. Ремонтной сварке подвергаются стали типа 75ХМ, 9Х2МФ и др., поэтому при выборе режимов сварки приходится ориентироваться на диаграммы изотермического распада аустенита, приведенные в различных справочниках [5].

На свариваемость значительное влияние оказывают технологические операции, предшествующие сварке (т.н. технологическая наследственность металла). При механической обработке сварных соединений лезвийным инструментом остаточные напряжения могут достигать значений выше предела текучести и вызывать трещины. В массивных отливках возможно наличие развитой серной эвтектики, при высоких скоростях съема металла происходит ее под-

плавление. При остывании детали возможно появление сетки горячих трещин. Обработка сварных многопроходных швов абразивами может вызвать трещины прижога.

Под воздействием эксплуатационных нагрузений металл подвержен термомеханическому или деформационному старению, что вызывает резкое снижение пластических свойств, особенно ударной вязкости. В результате выпадения избыточных фаз термическая обработка не всегда может восстановить его пластичность до исходных требований. Не всегда возможно и полное удаление эксплуатационных трещин. Тем не менее, принятие конструкторско-технологического решения должно

	Ag	Al	Au	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Mg	Mn	Mo	Nb	Ni	Pb	Pt	Re	Sn	Ta	Ti	V	W	Zr
Ag		C	S	X	C	D	C	C	D	X	C	D	N	C	C	S	D	C	D	C	D	D	X
Al	S		X	C	X	X	X	C	X	C	X	X	X	X	C	X	N	C	X	X	X	X	X
Au	S	X		X	X	C	D	S	C	X	X	C	N	S	X	S	N	X	N	X	D	N	X
Be	X	C	X		N	X	C	X	X	X	X	X	X	X	N	X	X	D	X	X	X	X	X
Cd	C	X	X	N		D	D	X	D	S	D	N	N	D	C	X	N	C	N	X	N	N	D
Co	D	X	C	X	D		C	C	C	X	C	X	X	S	C	S	S	X	X	X	X	X	X
Cr	C	X	D	X	D	C		C	C	X	C	S	X	C	C	C	S	C	X	S	D	S	X
Cu	C	C	S	X	X	C	C		C	X	S	D	D	S	C	S	D	C	D	X	D	D	X
Fe	D	X	C	X	D	C	C		D	C	C	X	C	C	S	X	X	X	X	X	S	X	X
Mg	X	C	X	X	S	X	X	D		X	D	N	X	X	X	N	X	N	D	N	D	N	D
Mn	C	X	X	X	D	C	C	S	C	X		D	X	C	C	X	N	X	X	X	X	D	X
Mo	D	X	C	X	N	X	S	D	C	D	D		S	X	D	D	X	D	S	S	S	S	X
Nb	N	X	N	X	N	X	X	D	X	N	X	S		X	N	X	X	X	D	S	S	D	S
Ni	C	X	S	X	D	S	C	S	C	X	C	X	X		C	S	D	X	X	X	X	X	X
Pb	C	C	X	N	C	C	C	C	C	X	C	D	N	C		X	N	C	N	X	N	D	X
Pt	S	X	S	X	X	S	C	S	S	X	X	D	X	S	X		C	X	X	X	X	X	X
Re	D	N	N	X	N	S	S	D	X	N	N	X	X	D	N	C		D	D	X	D	X	X
Sn	C	C	X	D	C	X	C	C	X	X	X	D	X	X	C	X	D		X	X	X	D	X
Ta	D	X	N	D	N	X	X	D	X	N	X	S	D	X	N	X	D	X		S	D	D	X
Ti	C	X	X	X	X	S	X	X	D	X	S	S	X	X	X	X	X	X	S		S	C	S
V	D	X	D	X	N	X	D	D	S	N	X	S	S	X	X	X	D	X	D	S		D	X
W	D	X	N	X	N	X	S	D	X	D	D	S	D	X	D	X	X	D	D	C	D		X
Zr	X	X	X	X	D	X	X	X	X	D	X	X	S	X	X	X	X	X	X	S	X	X	X

Рисунок. Прогноз возможности сварки разнородных металлов по диаграммам состояния: X – свариваемые пары, образующие интерметаллические соединения; S – хорошо свариваемые пары, образующие твердые растворы; C – поддающиеся сварке пары, отличающиеся образованием сложной микроструктуры; D – данных недостаточно, для сварки необходимы особые меры; N – сведения отсутствуют

Таблица. Сравнительная оценка свариваемости сталей, подвергаемых ремонтной сварке

Группа	Свариваемость	Химический эквивалент углерода, $C_{эвб}, \%$	Применение дополнительных технологических мер					Термообработка после сварки
			Термическая обработка перед началом ремонтных работ	Подогревы			Охлаждение после сварки	
				Предварительный	Сопутствующий	Послесварочный		
1	Хорошая	До 0,50–0,55	Не требуется	Не требуется	Не требуется	Не требуется	–	–
2	Удовлетворит.	0,56–0,65	Не требуется	Желателен	–	–	–	Желательна
3	Ограниченная	0,66–0,7 Металл подвергнут незначительному деформационному или термомодеформационному старению	Не требуется	Требуется	Желателен	Желателен	–	Желательна
4	Плохая	0,71–0,9 Металл подвергнут деформационному или термомодеформационному старению	Желательна	Требуется	Требуется	Требуется	Не допускается охлаждение ниже 150 °С, чем Мн	Требуется
5	Трудная	Более 0,9 Металл подвергнут значительному деформационному или термомодеформационному старению	Требуется	Требуется	Требуется	Требуется	Не допускается охлаждение ниже температуры предварительного подогрева	Требуется

обеспечить дальнейшую эксплуатацию восстановленной конструкции.

При разработке технологических решений для ремонтной сварки следует ориентироваться на данные приведенной *таблицы*, требующие пояснений, поскольку они носят рекомендательный характер. Принятие решений специалистом или группой специалистов (экспертами) определяется многими факторами [3], среди которых опыт, интуиция и др. Так, для сталей, относящихся к группе хорошо свариваемых, при толщине металла свыше 80 мм рекомендуется предварительный подогрев. Допускается проведение промежуточной термообработки при одновременной наплавке 100 кг электродов (сварочной проволоки) и более.

Рекомендации по проведению термообработки (как правило, средне-температурный отпуск) перед сваркой предназначены прежде всего для снижения уровня остаточных напряжений в металле массивных конструкций сложной формы, бывших длительное время в эксплуатации.

При сварке конструкций второй группы свариваемости целесообразно проведение только предварительного подогрева либо послесварочной термической обработки.

При сварке конструкций третьей группы свариваемости допускается охлаждение мест выполнения сварки до температуры охлаждающего воздуха после ремонтной сварки перед проведением термической обработки.

При сварке конструкций четвертой группы свариваемости обязателен предварительный и сопутствующий подогревы выше температуры начала образования мартенсита (M_n). После сварки, не снижая температуру точки M_n ниже 50–70 °С, производят термическую обработку — нормализацию с отпуском или закалку с отпуском.

К пятой категории свариваемости отнесены и т.н. трудно свариваемые стали, применение которых в сварных конструкциях не рекомендовано.

В случае значительного старения металла базовых деталей тяжело нагруженного оборудования применение термической обработки может повлиять на ускорение процесса деградации и вызвать образование новых трещин, инициируемых на участке синеломкости зоны термического влияния сварного соединения.

Литература

1. Компьютерное проектирование и подготовка производства сварных конструкций: Учеб. пособие для вузов / Под ред. С. А. Куркина и В. М. Ховова. — М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана. — 2002. — 464 с.
2. Макаров Э. Л., Якушин Б. Ф. Теория свариваемости сталей и сплавов / Под ред. Э. Л. Макарова — М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана. — 2014.
3. Панов В. И. Развитие системы принятия технико-технологических решений по ремонтной сварке массивных стальных конструкций сложной формы: диссерт докт. техн. наук в виде науч. докл. Екатеринбург. Изд-во УМЦ УПИ. — 2012. — 58 с.
4. Панов В. И. Системный подход к свариваемости массивных конструкций сложной формы. «Сварщик в России». — 2012. — № 4 — С. 19–23.
5. Попов А. А., Попова Л. Е. Изотермические и термокинетические диаграммы распада переохлажденного аустенита Справочник термиста. М.: Металлургия. — 1965. — 495 с.
6. Государственная публичная научно-техническая библиотека. Режим доступа: <http://www.gpntb.ru>

● #933



Если у Вас возникли вопросы по технологии сварки, организации рабочих мест сварщиков, правильному выбору сварочных материалов и оборудования, Вы можете отправить письмо в редакцию журнала по адресу: 03150, Киев, а/я 52 или 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 нахлесточного соединения в вертикальном положении снизу вверх. При выполнении ответственных сварочных работ с использованием нахлесточных соединений, находящихся в вертикальном положении, как правило, сварку производят снизу вверх.

При сварке изделий небольших толщин, а также для выполнения первых проходов в многопроходных сварных швах, выполняемых при сварке нахлесточных соединений, применяются однопроходные угловые швы. При выполнении таких швов необходимо установить не очень большое значение сварочного тока. Положение электрода должно соответствовать изображенному на рис. 24.

На нижней части соединения образуется полка из наплавленного металла, имеющая размеры, соответствующие размерам сварного шва. Следует применять возвратно-поступательные перемещения электрода. При переносе электродно-

го металла необходимо поддерживать короткую дугу, а при переходе вверх дугу следует растянуть, не допуская при этом ее обрыва. Когда электрод находится над сварочной ванной, можно производить небольшие поперечные перемещения электрода. Это способствует лучшему формированию сварного шва. Во время сварки необходимо следить за тем, чтобы перемещения электрода всегда сохранялись в пределах ширины шва таким образом, чтобы кромка верхней пластины не прожигалась, а на плоской поверхности пластины не появлялись подрезы.

Для выполнения сварных швов нахлесточных соединений большой толщины применяется многопроходная или однопроходная сварка с поперечными перемещениями электрода. При многопроходной сварке первый проход выполняется узким валиком без поперечных перемещений электрода. При выполнении второго прохода сварочный ток должен быть достаточно большим для обеспечения гарантированного проплавления в корневой части соединения и сплавления с кромками. Положение и траектория движения электрода должны соответствовать изображенному на рис. 25, а. При этом, сохраняя электрод над поверхностью сварочной ванны, нужно перемещать ее вверх, одновременно сдвигая сварочную ванну в стороны, поочередно то влево, то вправо.

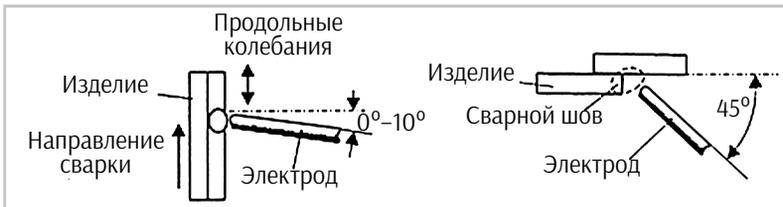


Рис. 24. Положение электрода при сварке нахлесточного соединения в вертикальном положении снизу вверх

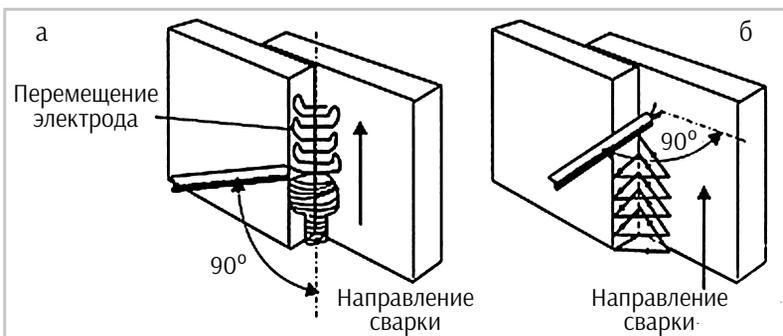


Рис. 25. Положение электрода при сварке нахлесточного соединения в вертикальном положении снизу вверх: а – многопроходным угловым швом, б – однопроходным угловым швом с поперечным перемещением электрода

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

Равномерные перемещения сварочной ванны, выполняемые в процессе сварки, позволяют получить ровную, с малой выпуклостью, поверхность сварного шва. Кратковременные остановки в крайних точках поперечных колебаний предотвратят появление подрезов, но нужно быть крайне осторожным, чтобы при этом кромка верхней пластины не прожигалась.

Сварку нахлесточного соединения можно производить также однопроходным угловым швом с поперечными колебаниями электрода. Положение и траектория движения электрода должны соответствовать изображенному на рис. 25, б. Техника сварки аналогична выполнению второго прохода при многопроходной сварке. Отличие заключается в том, что электрод необходимо располагать под большим углом к нижней пластине и задержки перемещения выполнять только на нижней пластине.

Сварка таврового соединения в вертикальном положении однопроходным угловым швом. Сварка данного соединения часто встречается в производственной практике. Сварка вертикальных стыков чаще всего производится снизу вверх, хотя встречаются и случаи, когда необходимо выполнять сварку сверху вниз. Выбор количества проходов определяется назначением данного соединения, а также толщиной свариваемых пластин.

При выполнении сварки таврового соединения в вертикальном положении однопроходным угловым швом без поперечных перемещений электрода сварочный ток должен быть достаточно большим, с тем, чтобы обеспечить хорошее проплавление в корневой части соединения, а также с поверхностями пластин. Положение электрода должно приблизительно соответствовать изображенному на рис. 26.

Сварка производится на обратной полярности с колебания-

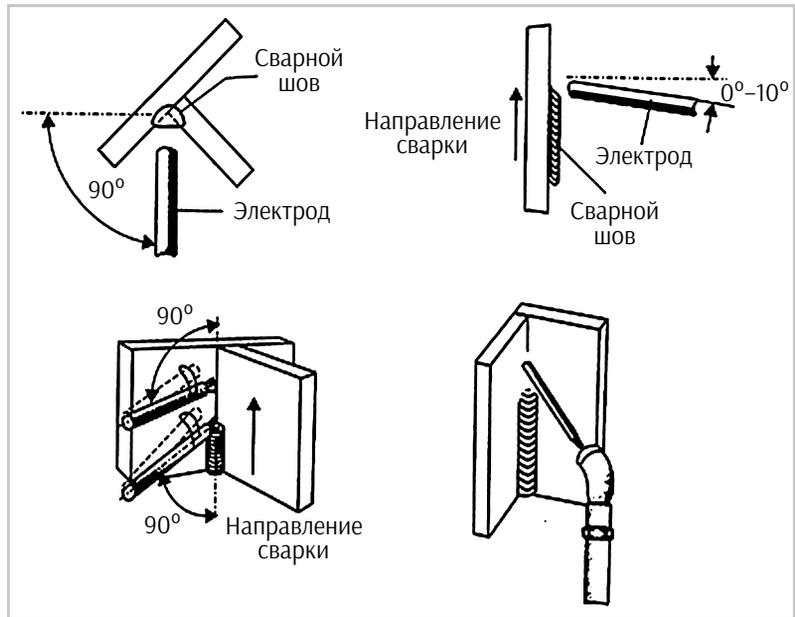


Рис. 26. Положение электрода при сварке таврового соединения в вертикальном положении однопроходным угловым швом

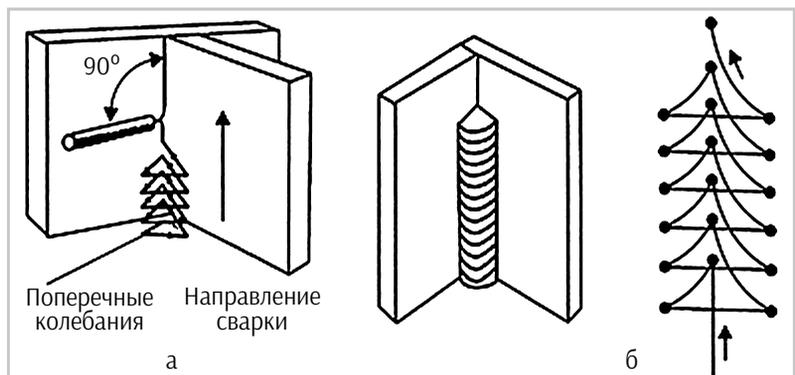


Рис. 27. Положение электрода при сварке таврового соединения в вертикальном положении однопроходным угловым швом: а – поперечные перемещения электрода, б – траектория его движения

ми электрода вверх-вниз. В момент переноса электродного металла нужно поддерживать короткую дугу, при перемещении электрода вверх дугу следует растянуть, однако, при этом не допускать обрыва дуги. Необходимо периодически производить отвод электрода от сварочной ванны, с тем, чтобы избежать перегрева свариваемого металла и последующего его растрескивания или вытекания сварочной ванны. Вместе с тем необходимо удерживать сварочную ванну на одном месте, вплоть до момента, пока не будет получено требуемое проплавление, сплавление со свариваемыми кромками и образование сварного шва требуемого контура без подрезов.

Сварку таврового соединения в вертикальном положении можно производить также однопроходным угловым швом с поперечными колебаниями электрода. Положение и траектория движения электрода должны соответствовать изображенному на рис. 27. Техника сварки аналогична выполнению второго прохода при многопроходной сварке.

Усовершенствование технологии изготовления спекательных тележек на ООО «Метинвест-МРМЗ»

С. В. Крылов, канд. техн. наук, НТЦ «Промавтосварка», **О. В. Карауланов**, ООО «Метинвест-МРМЗ» (Мариуполь), **В. Л. Сорока**, ПАО ЭМЗ «ФИРМА СЭЛМА» (Симферополь), **Ю. В. Демченко**, канд. техн. наук, «ИЭС им. Е. О. Патона» НАНУ (Киев)

Агломерационные спекательные тележки предназначены для спекания агломерата или обжига окатышей. Как правило, они изготавливаются из конструкционных сталей 09Г2С и 10ХСНД по авторским проектам «Азовмашпрома» или по чертежам заказчика. Основная модель ТСТ-2,7-1, широко используемая на ПАО «ММК им. Ильича», ПАО «ЕМЗ» и других производствах ООО «Метинвест Холдинг» изготавливается в прокатно-сварном варианте. Основу ее корпуса составляют четыре двутавровые балки длиной приблизительно 2,73 м и высотой 280,0 мм, сваренные из толстолистового проката и с помощью ребер жесткости соединенные в единую металлоконструкцию массой 1190 кг. Вертикальные стенки балок имеют толщину 20,0 мм, полки — 25,0 и 36,0 мм при ширине 50,0–90,0 мм (рис. 1).

Изготовление тележки по документации ПАО «ММК им. Ильича» предполагает применение трех способов сварки:

- ручной дуговой сварки (ГОСТ 5264-76);
- полуавтоматической в среде защитных газов (ГОСТ 14771-76);
- автоматической под флюсом (ГОСТ 8713-79).

В настоящее время на ООО «Метинвест-МРМЗ» предусмотрена сборка и сварка двутавровых балок на едином стенде. Ручной дуговой сваркой выполняются прихватки, а остальные швы, в т.ч. и длинномерные — полуавтоматически

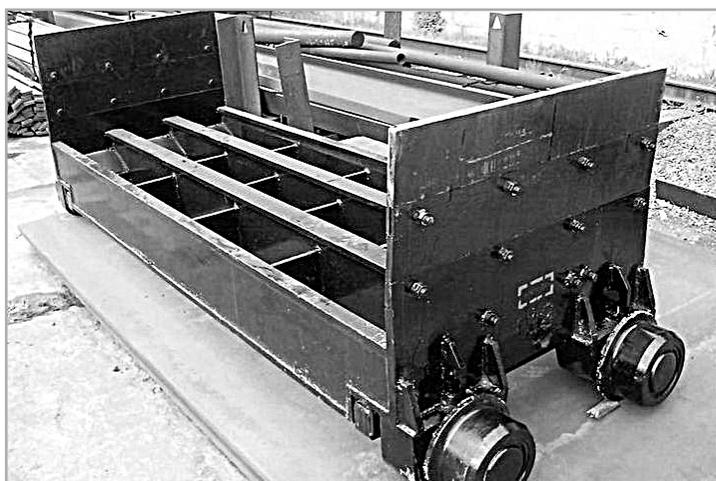


Рис. 1. Общий вид прокатно-сварной спекательной тележки

том в среде CO_2 за три прохода. Для этого на вертикальной стенке балки предусмотрена двусторонняя разделка кромок.

С целью повышения производительности и снижения трудозатрат при производстве тележек авторами предложено перейти на автоматическую сварку под флюсом длинномерных швов за один проход и исключить разделку кромок на стенке. Сборка и сварка «в лодочку» осуществляются в типовом сварочном кондукторе (рис. 2). При сборке двутавра базовой является нижняя плоскость ложемент кондуктора, а верхняя полка после размещения в кондукторе прижимается к вертикальной стенке клиньями для уменьшения возможной деформации.

Для оценки экономической целесообразности замены полуавтоматической сварки в среде защитных газов на автоматическую под слоем флюса специалистами ООО «Метинвест-МРМЗ» был выполнен расчет трудоемкости этих процессов. Результаты представлены в табл. 1.

Как видим, замена способа сварки обеспечивает экономию по основным операциям 7,643 н/ч, т.е. снижение трудоемкости изготовления корпуса тележки более чем на 37 %.

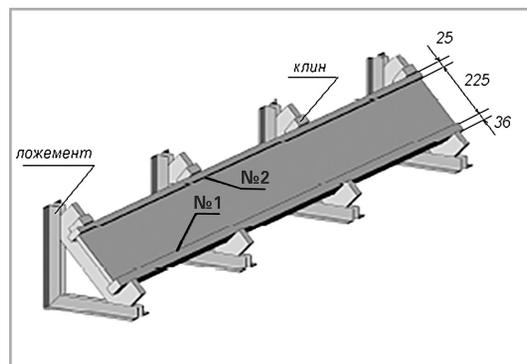


Рис. 2. Вид типового сварочного кондуктора для сборки и сварки двутавровых балок

Таблица 1. Трудоемкость основных операций по изготовлению корпуса тележки (сварка двутавровых балок)

Способ сварки	Подготовка кромок под сварку (снятие фасок н/ч)	Сборка н/ч	Сварка н/ч	Трудоемкость основной операции н/ч
Полуавтоматическая сварка в CO ₂	2,518	9,21	8,67	20,40
Автоматическая сварка под флюсом	не требуется	8,60	4,16	12,76

Характерным дефектом при сварке двутавровых балок является «грибовидность», выражающимся в нарушении геометрии полок двутавра. Для его исправления необходима операция правки на специальном оборудовании, отсутствие которого на предприятии ставило под сомнение целесообразность применения автоматической сварки под флюсом. Принимая во внимание, что величина данного дефекта зависит от размеров конструктивных элементов, их толщины, а также технологических параметров сварки, у авторов была уверенность в том, что при использовании соответствующей технологии, дефект может быть прогнозируемым и не выходить за пределы допустимых величин.



В связи с этим, НТЦ «Промавтосварка» на предприятии ООО «Метинвест-МРМЗ» был проведен эксперимент. Для сварки балок в симметричную «лодочку» использовали сварочный трактор АДФ-630 (рис. 3, а) с выпрямителем ВДУ-601С и подвесной самоходный автомат АД-231 (рис. 3, б) с ВДУ-1250, флюс ОК Flux 10.71 (ESAB), сварочную проволоку ОК Autrod 12.20: Ø 3,0 мм при сварке на режиме: $I_{св}^I = 500-550$ А, $U_{д}^I = 30-32$ В, $V_{св}^I = 40$ м/ч; и Ø 4,0 мм — на режиме: $I_{св}^{II} = 600$ А, $U_{д}^{II} = 32-34$ В, $V_{св}^{II} = 21$ м/ч.

Макрошлиф сварного соединения выполненного «в лодочку» представлен на рис. 4.



Рис. 3. Сварка в «лодочку» опытной двутавровой балки на ООО «Метинвест-МРМЗ»: а – трактором АДФ-630, б – подвесным самоходным автоматом АД-231

Предварительные замеры геометрии полок и стенки показали отклонение не более 1,0–2,0 мм, что обусловлено точностью изготовления этих деталей. Качество сварных швов удовлетворяло требования к внешнему виду и размерам, катет шва составил 8,0 мм при глубине провара 6,0 мм. Установлено, что благодаря значительной толщине стенок двутавра, корректно выбранной схеме сборки, фиксации элементов клиньями и параметрам технологических режимов сварки, величина деформации находится в пределах требований чертежей (КТД). Результаты эксперимента одобрены техническим руководством предприятия, а данная технология сварки принята для изготовления двутавровых балок спекательных тележек.

Внедрение технологии потребовало создания специализированного оборудования и оснастки. Авторами было учтено пожелание заказчика при проектировании сварочной установки расширить ее возможности, не ограничиваясь сваркой только двутавра спекательной тележки модели ТСТ-2,7-1. Исходя из конструктивных соображений максимальный размер свариваемых деталей ограничен габаритами: длина 3500,0 мм, высота 700,0 мм, ширина полки 160,0 мм, толщина деталей балки до 40,0 мм (масса изделия примерно 900,0 кг).

Рост габаритов значительно увеличивает массу изделия, большая длина уменьшает жесткость. Кроме того, для настройки шва в автомате применены суппорты с ходом 540 мм, что также ограничивает габариты изделия. Применение более длинных суппортов приведет к удорожанию автомата (работа выполняется совместно с электромашиностроительным заводом «Фирма СЭЛМА»). Основные технические



Рис. 4. Макрошлиф сварного соединения выполненного «в лодочку» под флюсом проволокой Ø 4 мм

характеристики сварочной установки приведены в табл. 2.

На рис. 5 приведены общий вид и комплектация установки для сварки двутавровых балок спекательных тележек.

1. Сварочная головка представляет собой тележку, на которой установлены суппорты, рихтовочно-подающий механизм, кассета для электродной проволоки, светуказатель, бункер для флюса, блок управления:

- тележка имеет опорные ролики, которые катятся по ходовым путям. Один из роликов приводится во вращение приводом постоянно тока;
- на тележке установлены два суппорта с приводом постоянного тока для позиционирования сварочного наконечника и один суппорт с ручным приводом для корректировки положения наконечника во время сварки. На суппорте с ручным приводом размещен также механизм для изменения угла наклона электродной проволоки;
- рихтовочно-подающий механизм типа АДФ-1000-9 обеспечивает выпрямление и подачу электродной проволоки в зону сварки;
- кассета для электродной проволоки установлена на тормозном устройстве, которое предотвращает сход витков сварочной проволоки с кассеты;
- светуказатель позволяет отслеживать траекторию сварного шва во время сварки;
- бункер для флюса обеспечивает подачу флюса через гибкий рукав в зону сварки. Для управления подачей имеется заслонка. Автомат может комплектоваться системой рециркуляции флюса, обеспечивающей загрузку в бункер непрореагировавшего флюса при помощи сжатого воздуха;
- управление и контроль работы автомата осуществляются с помощью блока управления. Автомат может комплектоваться съемным пультом управления.

Таблица 2. Основные технические характеристики установки

Номинальное напряжение питающей сети трехфазного переменного тока, В	380
Частота, Гц	50
Максимальный ток наплавки, А	1000
Номинальный режим работы, ПВ, %	100
Диаметр электродной проволоки, мм	2; 3; 4; 5
Скорость подачи электродной проволоки, в пределах, м/ч	60–360
Регулировка скорости подачи электродной проволоки внутри диапазонов	Плавная
Угол наклона электродной проволоки в направлении перемещения сварочной головки, в пределах, град.	±30°
Угол наклона электродной проволоки в направлении поперек перемещения сварочной головки, в пределах, град.	±30°
Регулировки положения электродной проволоки поперек направления движения, в пределах, мм: суппортом с электрическим приводом суппортом с ручным приводом	±270 ±50
Вертикальный ход механизма подъема, мм	540
Скорость перемещения тележки наплавочной головки, м/ч	15–150
Емкость бункера для флюса, дм ³	10
Грузоподъемность кассетного устройства, не более, кг	30
Вылет сварочной головки (расстояние от края ходового пути до оси наплавляемого изделия), мм	700
Габариты свариваемого изделия, не более, мм	3500x700x160
Масса свариваемого изделия, не более, кг	900

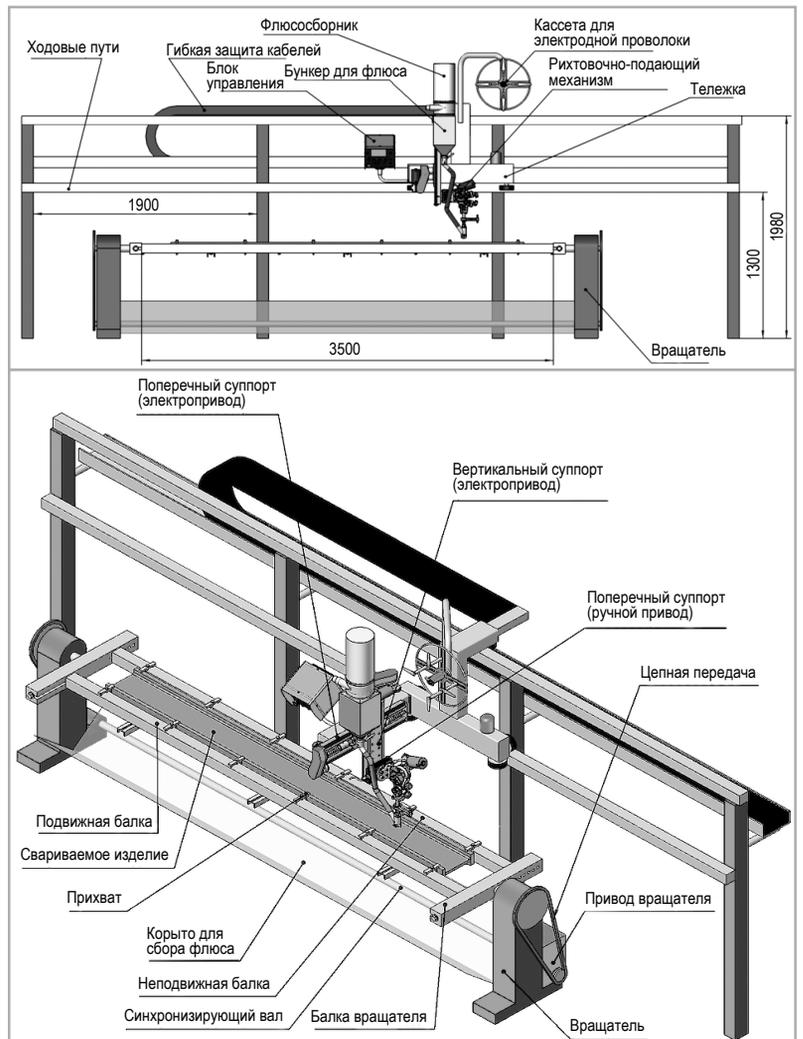


Рис. 5. Установка для сварки двутавровых балок спекательных тележек – общий вид и комплектация

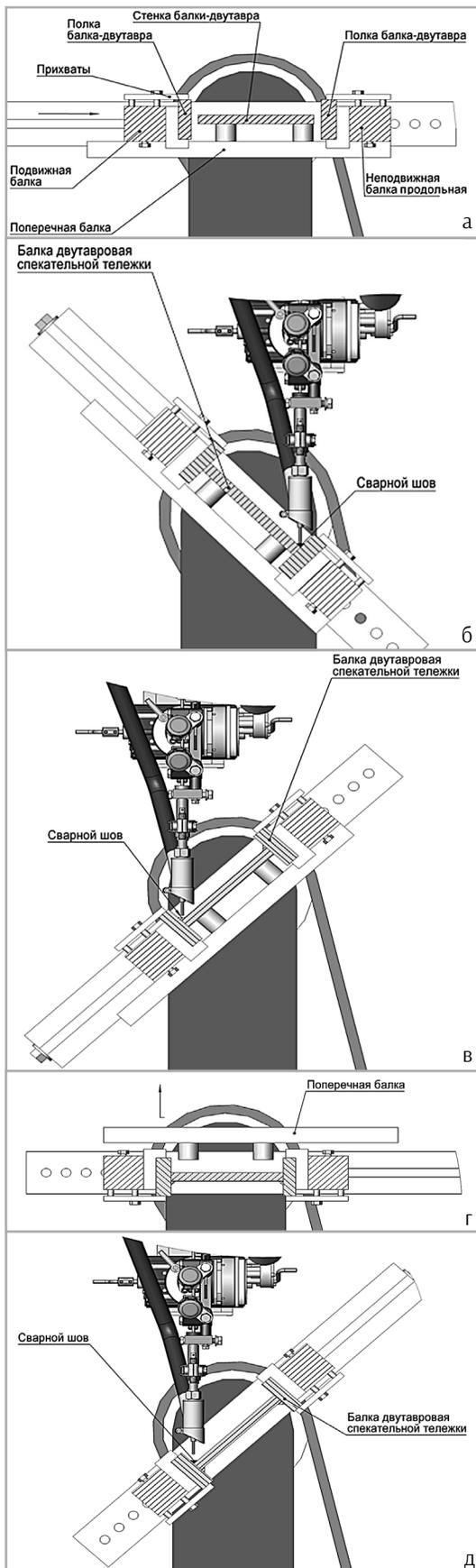


Рис. 6. Последовательность сборки и сварки двутавровых балок на специализированной установке: а, г – сборка; б, в, д – сварка

2. Ходовые пути, обеспечивающие горизонтальное прямолинейное перемещение тележки, монтируются на вертикальных колоннах. Пути состоят из двух направляющих прямоугольного сечения, наверху установлен желоб для размещения кабелей с гибкой защитой.

3. Механизм, обеспечивающий вращение и нужное пространственное положение изделия в процессе сварки состоит из двух вращателей. На одном из них установлен привод, от которого через синхронизирующий вал и цепные передачи вращение передается на валы вращателей.

4. Сварочный кондуктор предназначен для размещения и фиксации заготовок свариваемого изделия. Состоит из поперечных балок, неподвижной и подвижной, которые крепятся к валам вращателей. Неподвижную балку можно при необходимости переставлять с определенным шагом, подвижная – перемещается при помощи винтового механизма. Для позиционирования стенки двутавра имеются дополнительные поперечные балки. Фиксация заготовок осуществляется при помощи прихватов.

Специализированная установка позволяет реализовать технологию сварки двутавровых балок в такой последовательности (рис. 6):

- раздвинуть продольные балки на размер, несколько больший высоты двутавра;
- установить полки двутавра на ложементы балок, зафиксировать прихватами;
- установить стенку двутавра на выступы поперечных балок;
- вращая винтовой механизм, зажать свариваемые детали между продольными балками (винты на прихватах и на поперечных балках не затянуты);
- окончательно затянуть винты прихватов и поперечных балок (рис. 6, а);
- повернуть сварочный кондуктор на необходимый угол (сварка «в лодочку»), произвести сварку первого шва. В процессе сварки контролировать траекторию шва при помощи светового указателя, при необходимости корректировать при помощи поперечного суппорта (рис. 6, б);
- аналогично произвести сварку второго шва (рис. 6, в);
- снять поперечные балки (рис. 6, г);
- произвести сварку третьего и четвертого швов (рис. 6, д);
- снять изделие с кондуктора.

Предложенные авторами концепция и комплектации специализированной установки, а также технология сварки двутавровых балок одобрены руководством заказчика ООО «Метинвест Холдинг» и приняты в производство, а проект оборудования находится в процессе конструкторской доработки.

● #935

НТЦ «Промавтосварка»:

e-mail: 379731@promavtosvarka.com.ua

Тренажер сварщика для электродуговой сварки МДТС-05 М1

Аппаратно-программный комплекс (тренажер) чрезвычайно эффективен для обучения, повышения квалификации и тестирования электросварщиков дуговой сварки, учащихся и специалистов сварочного производства.

Компьютеризированный малоамперный дуговой тренажер сварщика МДТС-05 М1.

Тренажер МДТС-05 М1 (рис. 1) предназначен для приобретения психомоторных навыков ведения процессов сварки: зажигания и поддержания стабильной дуги, удержания соответствующих углов наклона инструмента и скорости сварки, выполнения сварки при различных пространственных положениях свариваемого изделия.

Тренажер включает:

- блок технологического интерфейса;
- манипулятор-позиционер для управления пространственным положением имитатора сварного соединения;

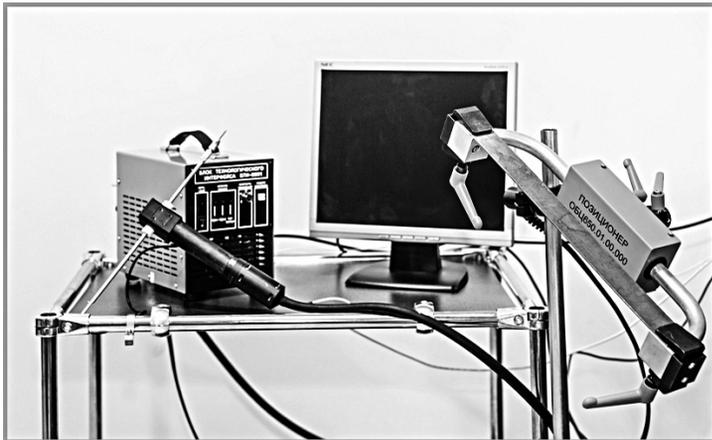


Рис. 1. Общий вид малоамперного тренажера сварщика для электродуговой сварки МДТС-05 М1



Рис. 2. Учебный процесс на тренажере сварщика

- инструменты сварщика (держатель электрода, горелки для аргодуговой и газодуговой сварки в среде защитных газов);
- защитную шлем-маску сварщика типа «Хамелеон» (с наушниками);
- персональный компьютер (поставляется по желанию заказчика);
- специализированное программное обеспечение.

Учебный процесс на тренажере сварщика показан на рис. 2.

Технические характеристики тренажера МДТС-05 М1

Параметр	Значение
Ток сварочной дуги, А	5,0±0,2
Напряжение холостого хода, не более, В	75
Число информационных каналов блока технологического интерфейса БТИ-05М1 ОБЦ 650.05.00.000	7
Разрядность встроенного в блок технологического интерфейса БТИ-05М1 ОБЦ650.05.00.000 аналого-цифрового преобразователя (АЦП), не менее, бит	12
Контролируемые и задаваемые параметры режима сварки	
1) скорость сварки (скорость перемещения электрода), мм/с	2,0–12,0
2) длина дугового промежутка: а) в режиме имитации сварки плавящимся электродом, мм б) в режиме имитации сварки неплавящимся электродом, мм	1,0–6,0 0,5–4,0
3) углы наклона электрода: а) «поперек шва» (угол α), град б) «вдоль шва» (угол β), град	$\pm(45\pm5)$ $\pm(45\pm5)$
4) погонная энергия, Дж/мм	5–20
5) напряжение дуги, В	20–45
6) средняя скорость движения электрода инструмента сварщика для ручной дуговой сварки (в режиме имитации плавления электрода), мм/с	4,0±1,0
7) темп подачи присадочной проволоки в зону сварки (сварочной дуги), мин ⁻¹	10–20
8) длительность сеанса обучения, с	60–600
Номинальное напряжение питающей однофазной сети переменного тока частотой 50 Гц, В	220
Потребляемая электрическая мощность (без учета мощности, потребляемой компьютером и его периферийными устройствами), не более, кВт·А	0,3

Блок технологического интерфейса (БТИ)

БТИ (рис. 3) обеспечивает значения выходных электрических параметров, необходимых для возникновения и устойчивого горения малоамперной дуги при имитации различных способов сварки. БТИ предназначен для получения, обработки и передачи на компьютер информационных сигналов от датчиков, размещенных в сварочном инструменте и манипуляторе.

Средства индивидуальной защиты.

Фартук сварщика, рукавицы, маска «Хамелеон».

Защитная маска сварщика предназначена для защиты учащегося от излучения дуги при всех видах сварки, для обеспечения безопасности и удобства использования тренажера сварщика МДТС-05М1.

При проведении сварочных работ маска автоматически меняет степень затемнения фильтра с 4 DIN на заданное значение. По окончании сварки происходит автоматический возврат к исходному затемнению.

Диапазон регулировки уровня затемнения фильтра – 9–13 DIN; время включения затемнения фильтра – 0,2–0,5 мс.

Манипулятор-позиционер

Манипулятор-позиционер (рис. 4) обеспечивает:

- установку сварного образца (имитатора сварного соединения) в различных пространственных положениях;

- формирование сигналов, уровень которых пропорционален токам, протекающим в сварном образце.

Имитаторы рабочего инструмента сварщика.

Имитатор ручного инструмента сварщика (рис. 5, 1) предназначен для отработки техники зажигания и поддержания дуги, перемещения сварочного инструмента с заданной скоростью относительно объекта сварки и навыков поддержания других параметров процесса ручной дуговой сварки (РДЭ-2 или ММА).

Инструмент (рис. 5, 2) обеспечивает возможность имитации плавления электрода в направлении от «дуги» со скоростью, равной скорости плавления при реальном процессе ручной дуговой сварки (РДЭ-1 или ММА).

Имитатор полуавтоматического инструмента сварщика (рис. 5, 3) выполнен на базе реальной горелки для полуавтоматической сварки плавящимся электродом в среде защитных газов (MIG/MAG).

Имитатор инструмента аргонодуговой сварки (рис. 5, 4) выполнен на базе реальной горелки для сварки неплавящимся электродом в среде инертных газов (TIG).

Имитатор присадочной проволоки (рис. 5, 5).

Все имитаторы сварочного инструмента подключаются к блоку технологического интерфейса с помощью кабеля с датчиком положения, обеспечивающего контроль за углами наклона электрода относительно сварного шва.

Специализированное программное обеспечение

Предлагаемый тренажер сварщика МДТС-05 М1 использует аппаратно-программный интерфейс Lab View (рис. 6, 7, 8). Сопровождающее данный тренажер программное обеспечение позволяет:

- вводить исходные данные имитируемого сварочного процесса в диалоговом режиме;



Рис. 3. Блок технологического интерфейса

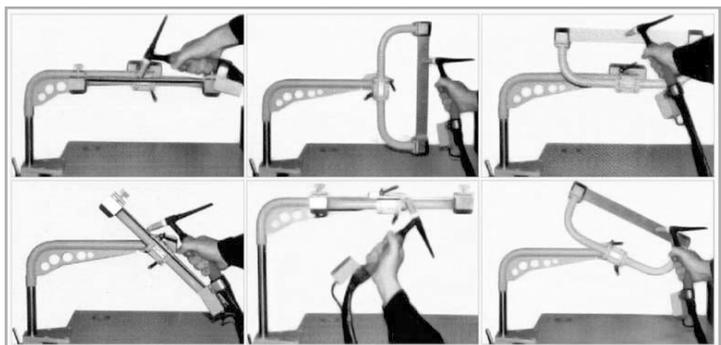


Рис. 4. Манипулятор-позиционер

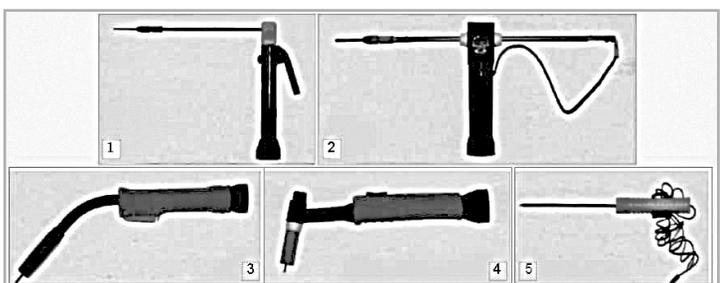


Рис. 5. Имитаторы рабочего инструмента сварщика

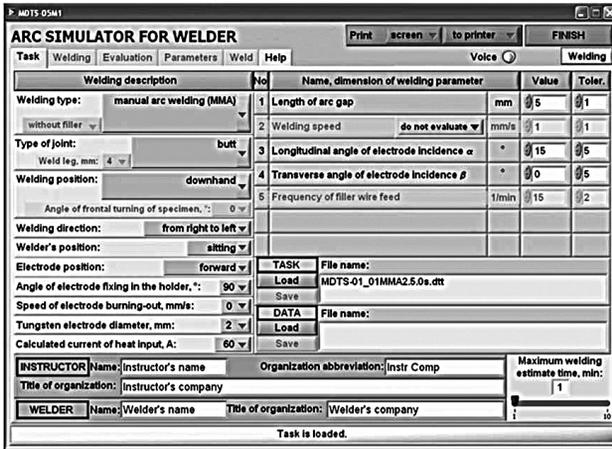


Рис. 6. «Задания параметров режима сварки»

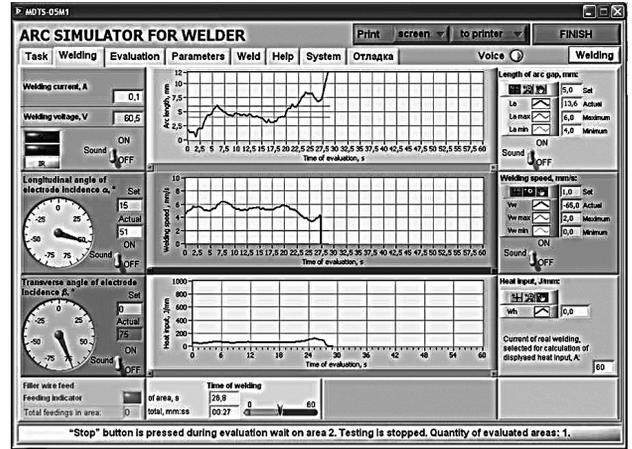


Рис. 7. «Обучение. Ход процесса»

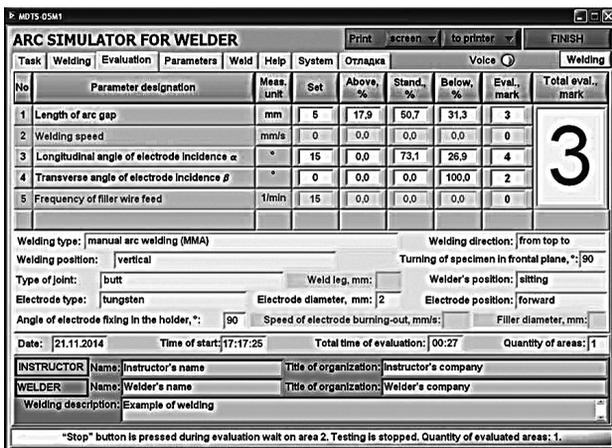


Рис. 8. «Результаты обучения сварки»



Рис. 9. Учебная лаборатория «Сварочные технологии» с использованием малоамперных тренажеров сварщика МДТС-05М1

- отображать на экране монитора текущие параметры имитируемого сварочного процесса;
- осуществлять обратную связь с обучаемым непосредственно во время выполнения сварки путем автоматической подачи звуковых сигналов («звуковая подсказка») и, тем самым, оперативно корректировать действия обучаемого;
- контролировать правильность проведения сварочного процесса по отдельным параметрам, а также всего процесса в целом;
- проводить статистическую обработку результатов тренажа с вычислением математического

- ожидания и дисперсии контролируемых параметров;
- получать оценку качества выполнения имитируемых сварочных работ;
- документировать результаты тренажа в табличном и графическом представлениях на оптическом, магнитном и бумажном носителях.

Учебная лаборатория «Сварочные технологии» с использованием малоамперных тренажеров сварщика МДТС-05 М1 представлена на рис. 9.

● #936

**За информацией о поставке аппаратно-программных комплексов МДТС-05 М1
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

Международные квалификации: что нового

Е. П. Чвертко, канд. техн. наук, доцент, НТУУ «КПИ» (Киев)

Одним из требований Международного института сварки к учебным программам и руководствам по подготовке и аттестации персонала сварочного производства является периодический (не реже чем раз в 3 года) пересмотр их содержания. Цель этого требования проста: программы должны отвечать требованиям современной промышленности и содержать в себе информацию, необходимую для эффективной работы аттестованных специалистов. Например, необходимо периодически заменять ссылки на стандарты, имеющие отношение к сварочному производству, поскольку для одних в действие вводят обновленные версии, а другие удаляют.

Итак, что же изменилось для различных категорий персонала сварочного производства и какие изменения планируются в ближайшее время?

Координаторы сварочных работ. В этой категории присутствуют четыре квалификации: практик (без права принятия ответственных решений), специалист, технолог и инженер. Все они занимаются вопросами выбора технологии и сварочных материалов, аттестацией персонала, вопросами техники безопасности и др. Как и ранее, программа содержит четыре модуля (сварочные процессы, свариваемость материалов, сварные конструкции, организация производства) и экзамены. По-прежнему кандидаты с опытом работы имеют право на обучение по короткой программе (3 недели). Сохраняется льгота для выпускников сварочных специальностей украинских ВУЗов (перезачет вводимой части и практики).

Что нового. Изменений достаточно много. Во-первых, условия доступа (требования к образованию и опыту работы кандидатов): в обновленной программе они жестко привязаны к Европейской рамке квалификаций (EQF). Это значительно упрощает оценку документов (особенно в ситуации, когда с просьбой на обучение обращается выпускник иностранного учебного заведения). Для выпускников отечественных вузов проблемы сопоставления их дипломов с EQF в принципе нет, поскольку еще в 2012 г. была введена национальная рамка квалификаций, базирующаяся на европейской. Естественно, в ней есть отличия, но не для тех образовательных уровней, на которые ссылается руководство Международного института сварки. Для международных специалистов по-прежнему остались требования к опыту работы в сварочном производстве (даже для кандидатов, поступающих на полный курс).

Изменилось содержание программы: актуализированы ссылки на действующие стандарты, перераспределены учебные часы между модулями (например, «сварные конструкции» стал короче в связи с введением категории «Международный дизайнер сварных конструкций»). Разделы модуля по свариваемости материалов теперь привя-

заны к ISO/TR 15608. Изменилась и общая длительность обучения: модуль «инженер» стал короче, а остальные дольше. Это связано в первую очередь с требованиями стандарта на производство металлоконструкций EN 1090, по которому технолог и специалист (кстати, самая популярная в Европе категория персонала) получили расширенные полномочия. Короче стал и «нулевой» модуль по общим техническим знаниям (этот модуль позволял людям без профессионального технического образования получить диплом Международного специалиста). Практику теперь частично можно проводить с применением симуляторов и тренажеров сварщика.

Выпускной экзамен преобразовался в практический, то есть теперь задача выпускника не написать работу на тему сварки заданной конструкции, а выполнить небольшое производственное задание — составить описание процедуры сварки (WPS). Для всех категорий координаторов сварочных работ обязательными стали «гармонизированные» экзамены, которые находятся в общей для всех стран базе. Но теперь их можно сдавать он-лайн, а для Украины они стали доступными на трех языках: английском, русском и украинском. Как и прежде, неудовлетворительная сдача такого экзамена не влияет на присвоение квалификации.

Чего ожидать в ближайшие три года. Содержание программы будет меняться. Поскольку ее привязка к EQF требует пересмотра ожидаемых результатов обучения для разных категорий персонала (в европейской рамке квалификаций указаны не знания и умения, приобретаемые в ходе обучения, а компетенции). Логично, что обновленные результаты потребуют актуализации программы. Появятся новые условия доступа. В частности, в связи с большим количеством в Европе людей с дипломами «Международного специалиста» и большим опытом работы планируется введение доступа для них на учебный курс «Международного технолога» (сейчас такой переход существует между специалистом и практиком). Также планируют снять ограничения по минимальному возрасту.

Персонал по обеспечению качества (инспектора). В компетенции инспекторов контроль основных и сварочных материалов, документации, персонала, процессов, сварных соединений. Они занимаются также разработками программ по обеспечению качества, выбором объемов и методов контроля.

Что нового и чего ожидать. Инспекторов пока продолжают обучать по старой программе, они сдают те же три экзамена (технология, инспекция и практика), координаторам по-прежнему перезасчитывают первый экзамен. Новую программу планируют ввести уже в 2016 г., но изменений в ней много. Во-первых, изменилось распределение обязанностей между уровнями. Система с тремя уровнями обычно предусматривает такое распределение: «высший» выполняет любые задачи, низший — только те, которые не требуют принятия ответственного решения. Открытым остается вопрос по среднему уровню. В действующей программе «стандартный» уровень наделен правом выполнения любых работ в области качества, кроме разработки программ по его обеспечению. Это не совсем согласуется с распределением обязанностей персонала по неразрушающему контролю между вторым и третьим уровнем. Программа обучения инспекторов предусматривает и возможность повышения квалификации с учетом опыта работы. К примеру, кандидат со школьным аттестатом может получить диплом базового инспектора, проработать 4 года и переаттестоваться на «стандартный», а потом и на «полный» уровень. Но в соответствии с действующей программой ему придется слушать полный курс, а это значит, что «базовую» его часть он прослушает трижды.

В новой программе модули не перекрывают друг друга, что значительно упростит организацию такой переподготовки в учебных центрах. Распределение обязанностей между уровнями в ней выглядит так: «базовый» только заполняет протоколы контроля, не делая выводов о пригодности конструкции к эксплуатации (как и в нынешней версии); «стандартный» имеет право выполнять все виды работ, но только для тех объектов, производство и контроль которых описаны в действующих стандартах; «полный» может работать с конструкциями и процессами, на которые стандартов нет. Таким образом получается, что «стандартный» инспектор сам не назначает

критерии приемки сварочных работ, методы и объемы контроля, а выбирает их из действующих нормативных документов.

Для инспекторов инициирована подготовка «гармонизированных» экзаменов, причем в планах сделать общий и практический (выпускной). Льготы для специалистов с опытом работы в области контроля и координаторов сварочных работ сохраняются.

Рабочие (сварщики). Квалификацию по-прежнему присваивают с учетом трех факторов: способ сварки (ручная дуговая, MIG/MAG, TIG), группа материалов (углеродистые и нержавеющие стали, алюминиевые сплавы) и вид соединений (угловые и стыковые швы пластин, стыковые швы труб). Программа по-прежнему модульная и предусматривает возможность доступа сразу к «высоким» уровням с помощью квалификационных испытаний по тем факторам, которые планируется перезасчитать.

Что нового. Изменения в первую очередь коснулись кандидатов с действующей квалификацией в области сварки и с опытом работы не менее 3-х лет. Теперь они могут быть допущены прямо к экзаменам с одним ограничением — сварщик может получить диплом в рамках действующей квалификации. Также введен срок действия результатов письменных экзаменов — 3 года. Это значит, если кандидат, например, аттестовался на сварку пластин способом MAG, а через полгода претендует на диплом по ручной дуговой сварке, то общие для этих квалификаций модули (введение в сварку) будут перезасчитаны и сдать придется только «основы способа сварки». Количество тестов для сварщиков уменьшилось: ранее сдавали «национальные» (то есть разработанные местным аттестационным органом) и «гармонизированные» (общие для всех стран-участниц программ обучения). Теперь обязательными остались только «гармонизированные» (для слушателей доступны на английском и русском языках, база на украинском, в данный момент, в стадии завершения). Как и для координаторов есть возможность сдавать их он-лайн. Квалификационные испытания — сварку тех или иных видов соединений — привели в полное соответствие с требованиями ISO-9606. Положительный момент такого шага: если кандидат хочет получить и диплом, и сертификат, то нет необходимости проводить испытания дважды. Оба документа могут быть выданы по результатам одной квалификации.

Для всех категорий персонала появилась возможность получать эквивалентные дипломы Европейской федерации сварки без дополнительного обучения и сдачи экзаменов. Эта услуга доступна для обладателей дипломов любой давности. На сегодня практически решен вопрос о выдаче персональных штампов для координаторов сварочных работ и инспекторов.



Системы менеджмента гигиены и безопасности труда: специфика внедрения и функционирования*

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

На сегодняшний день не представляется возможным создать современную систему менеджмента успешно функционирующего предприятия, не уделяя должного внимания вопросам промышленной гигиены и безопасности труда. Взамен устаревшей концепции «абсолютной безопасности» пришла концепция «приемлемого риска», в основу которой положен «принцип превентивности», то есть, «предвидеть и предупредить». На основании данной концепции и был разработан международный стандарт OHSAS 18001:2007, требующий от организации не только мониторинга несчастных случаев, но и качественного управления рисками, что делает систему управления охраной труда более эффективной.

Прежде всего, организация должна установить, внедрить и выполнять процедуру идентификации и обеспечения доступа к законодательным и другим требованиям в области гигиены и безопасности труда, применимым к данной организации.

Организация должна гарантировать, что указанные требования, которые она обязалась выполнять, учтены при установке, внедрении и поддержке системы менеджмента гигиены и безопасности труда. Необходимо постоянно обновлять эту информацию.

Кроме того, организация должна сообщать соответствующую информацию по законодательным и другим требованиям лицам, работающим под ее управлением и другим соответствующим заинтересованным сторонам.

Цели и программа. Организация должна установить, внедрить и поддерживать нормированные цели в области гигиены и безопасности труда в соответствующих функциях и уровнях в рамках организации.

Цели должны быть соизмеримы, где это осуществимо, и согласованы с политикой в области гигиены и безопасности труда, включая обязательства по предупреждению травм и нанесению вреда здоровью, по соблюдению применимых законодательных и других требований, которые организация обязалась выполнять, а также по постоянному улучшению системы менеджмента гигиены и безопасности труда.

При определении и анализе целей организация должна принимать во внимание также собственные риски в области гигиены и безопасности труда, учитывать технологические альтернативы, свои финансовые, операционные и ком-

мерческие требования и мнения соответствующих заинтересованных сторон.

Организация должна разработать, внедрить и поддерживать программу для достижения ее целей. Программа, как минимум, должна включать назначение ответственности и полномочий для соответствующих функций и уровней организации, а также мероприятия и график достижения целей.

Кроме того, программа должна регулярно анализироваться через запланированные интервалы времени и, если необходимо — редактироваться, чтобы гарантировать достижение целей.

Внедрение и функционирование. Высшее руководство должно взять на себя полную ответственность за гигиену и безопасность труда и систему их менеджмента, демонстрируя это путем обеспечения доступности ресурсов достаточных для установления, внедрения, функционирования и улучшения системы менеджмента гигиены и безопасности труда. В свою очередь ресурсы включают человеческие ресурсы и специализированные навыки, организационную инфраструктуру, технологию и финансовые ресурсы. Не менее важным является определение ролей, распределение ответственности и подотчетности, делегирование полномочий для упрощения результативного менеджмента гигиены и безопасности труда. При этом роли, обязанности, ответственность и полномочия должны быть документированы и доведены до сведения штатным сотрудникам.

Также обязательным есть назначение представителя высшего руководства с особой ответственностью за гигиену и безопасность труда, независимо от других обязанностей, с установленными функциями и полномочиями. Назначенный высшим руководством представитель может делегировать часть своих обязанностей подчиненному сотруднику, сохраняя при этом ответственность. Личность назначенного выс-

* Часть 2. Начало в № 1–2016. В следующем номере будет опубликована завершающая статья о системе менеджмента гигиены и безопасности труда OHSAS 18001:2007.

шим руководством представителя должна быть известна всем лицам, работающим под управлением организации. Все работники с руководящими обязанностями должны продемонстрировать ответственность за постоянное улучшение результативности гигиены и безопасности труда.

Организация должна гарантировать, что лица на рабочих местах несут ответственность за аспекты гигиены и безопасности труда, которыми они могут управлять, включая соблюдение требований гигиены и безопасности труда, применимых в организации.

Основные этапы внедрения и функционирования системы менеджмента гигиены и безопасности труда (ГБТ) OHSAS 18001:2007 представлены на *рисунке*.

Компетентность, обучение и осведомленность. Организация должна гарантировать, что все лица, выполняющие под ее управлением задания, которые могут влиять на гигиену и безопасность труда, компетентны на основании соответствующего образования, обучения или опыта, вести соответствующие записи.

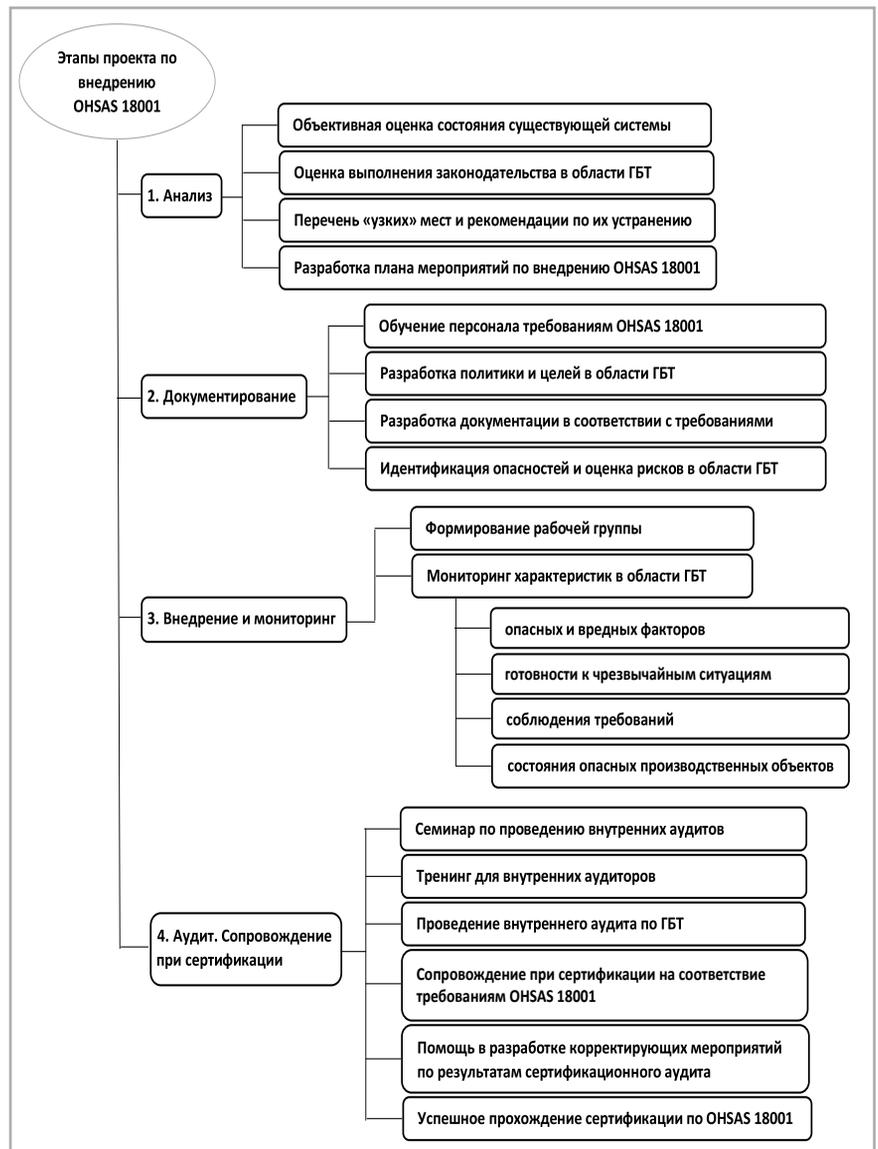
Организация должна определить потребности в обучении, связанные с рисками и системой менеджмента гигиены и безопасности труда. Она должна обеспечить обучение или предпринять другие действия, чтобы удовлетворить эти потребности, оценить результативность обучения или других предпринятых действий, а также сохранять сопутствующие записи.

Следует также отметить, что организация должна установить, внедрить и выполнять процедуры, которые дадут возможность лицам, работающим под ее управлением, понимать:

- реальные или потенциальные последствия их рабочей деятельности, отношения, а также выгоды от улучшенной индивидуальной результативности для гигиены и безопасности труда;
- свою роль и ответственность, а также важность достижения соответствия политике в области гигиены и безопасности труда, процедур, требований системы менеджмента гигиены и безопасности труда, включая требования к готовности и реагированию в аварийных ситуациях;

- потенциальные последствия отклонений от установленных процедур;
- процедуры по обучению должны учитывать различные уровни;
- ответственности, способностей, языковых навыков и образованности;
- риски.

Относительно опасностей в области гигиены и безопасности труда, а также собственной системы их менеджмента, организация должна установить, внедрить и выполнять процедуру для внутренней связи между различными уровнями и функциями организации, связи с подрядчиками и другими посетителями рабочих мест. В обязательном порядке требуется обеспечить получение документирования соответствующих сообщений от внешних заинтересованных сторон и реагирования на них.



Участие и консультирование. Организация должна установить, внедрить и выполнять процедуру, обеспечивающую участие сотрудников. На практике это может достигаться путем:

- соответствующего вовлечения в идентификацию опасностей, оценку рисков и определение мер управления;
- соответствующего вовлечения в расследование инцидентов;
- вовлечения в разработку и анализ политики и целей в области гигиены и безопасности труда;
- консультирования по поводу любых изменений, которые влияют на гигиену и безопасность их труда;
- представительства при рассмотрении вопросов гигиены и безопасности труда.

Работники в обязательном порядке должны быть информированы о мероприятиях с их участием и о личности их представителя по вопросам гигиены и безопасности труда.

При необходимости, организация должна гарантировать проведение консультаций с соответствующими внешними заинтересованными сторонами, по касающимся их вопросам гигиены и безопасности труда.

Управление документами и операциями. Документация по системе менеджмента гигиены и безопасности труда должна включать политику и цели в области гигиены и безопасности труда; описание области ее применения; описание основных элементов системы и взаимосвязей между ними, а также ссылки на необходимые документы, включая записи, которые требуются стандартом OHSAS 18001:2007.

Важно, чтобы документация была пропорциональна уровню сложности, учтенным опасностям и рискам, и сводилась к минимуму необходимому для обеспечения результативности и эффективности.

Должно быть обеспечено управление документами, требуемыми системой менеджмента гигиены и безопасности труда и данным стандартом OHSAS.

Организация должна установить, внедрить и выполнять процедуру для:

- утверждения документов, подтверждающих адекватность их перед выпуском;
- их анализа и обновления при необходимости, а также повторного утверждения;

- обеспечения идентификации изменений и текущего статуса пересмотра документов;
- обеспечения наличия действующих изданий соответствующих документов на местах их использования;
- обеспечения сохранения четкости документов и простоты идентификации;
- обеспечения идентификации документов внешнего происхождения, определенных организацией как необходимые для планирования и функционирования системы менеджмента гигиены и безопасности труда, управления их распространением, предотвращения непреднамеренного использования устаревших документов и применения соответствующей их идентификации, если они сохраняются для каких-либо целей.

Организация должна идентифицировать те операции и виды деятельности, которые связаны с возможными опасностями, когда требуется внедрение мер для управления рисками в области гигиены и безопасности труда.

Для этих операций и видов деятельности необходимо внедрить и поддерживать:

- операционное управление, применимое к организации и ее деятельности; интегрировать это операционное управление в общую систему менеджмента гигиены и безопасности труда;
- меры управления, связанные с приобретенными продуктами, оборудованием и услугами;
- меры управления связанные с подрядчиками и другими посетителями рабочих мест;
- документированные процедуры, распространяющиеся на ситуации, где их отсутствие может привести к отклонениям от политики и целей в области гигиены и безопасности труда;
- оговоренные операционные критерии, отсутствие которых может привести к отклонениям от политики и целей в области гигиены и безопасности труда.

Готовность к аварийным ситуациям и реагирование на них. Организация должна установить, внедрить и выполнять процедуру идентификации возможности аварийных ситуаций и реагирования на них. Реагировать на реальные аварийные ситуации и предупреждать или смягчать связанные с ними неблагоприятные последствия для гигиены и безопасности труда.

При планировании реагирования на аварийные ситуации нужно учитывать потребности соответствующих заинтересованных сторон, например, аварийных служб и соседей.

Организация должна также периодически проверять свои процедуры реагирования на аварийные ситуации, если это практически возможно, включая при необходимости соответствующие заинтересованные стороны.

Аварийная готовность организации и процедуры реагирования подлежат анализу и корректировке, в частности, после периодической проверки и после аварийных ситуаций.

К 100-летию А. М. Макары

Броневые стали. Человек, обеспечивший приоритеты ИЭС им. Е. О. Патона

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



Выдающийся ученый в области материаловедения Арсений Мартынович Макара родился 31 января 1916 года в селе Лубянка Киевской губернии. Со сваркой Арсений Макара познакомился в семнадцать лет, когда начал работать в Киевских автосварочных мастерских. А в 1935 г., после окончания рабфака, стал студентом первого набора сварочного факультета Киевского индустриального института (теперь НТУУ «Киевский политехнический институт»). Его преподавателями были основоположники сварочной науки: Е. О. Патон, Б. Н. Горбунов, В. И. Дятлов, П. П. Бушхедт. В 1940 году молодой специалист начал работать в Институте электросварки, в технологическом отделе, которым руководил В. И. Дятлов, ставший первым наставником А. М. Макары — теоретик дуговой сварки, внесший большой вклад в ее развитие. «Это был образованный и энергичный человек, талантливый ученый, крупный специалист по металлургии сварки. Он быстро завоевал авторитет и уважение в институте своим глубоким и часто оригинальным подходом к каждому исследованию» — писал о нем в «Воспоминаниях» Е. О. Патон [1]. Такую же преданность делу унаследовал и его ученик.

Отдел занимался разработкой состава электродных покрытий для сварки легированных сталей, техники и состава флюсов для первого отечественного способа автоматической дуговой сварки, успешное внедрение которого началось на целом ряде заводов страны.

Вторая мировая война оборвала мирный труд коллектива ИЭС и потребовала от инженеров и рабочих решения сложных проблем в кратчайшие сроки. Институт был эвакуирован в г. Нижний Тагил на Уралвагонзавод, где патоновцы уже внедрились автоматическую сварку в производстве грузовых вагонов.

Евгений Оскарович, приехавший в город из Москвы, вспоминал: «11 августа прибыл наш специальный эшелон из Киева. Рано утром я отправился на завод, возле состава встретил молодого сотрудника Арсения Макару. Он остался дежурить... Я сразу предложил Макаре:

Давайте пройдем по составу, проведем смотр имущества... Макара мрачно шагал рядом со мной. Я был почти уверен в том, что понимаю его мысли.

— Жалеете, что приехали, Арсений Мартынович? Из Киева хотели отправиться не сюда, а на фронт? Думаете ведь так?

— Честно говорю, думаю, — громко вздохнул Макара.

— Не жалеете об этом. Здесь Вы, специалист, сделаете для победы не меньше, чем на фронте, если не больше» [1].

Очень скоро сотрудники института убедились в правоте Евгения Оскаровича.

Была создана научно-производственная база ИЭС, развернулись исследовательские и конструкторские работы по созданию техники автоматической сварки вооружений, в частности авиабомб крупного калибра.

Вскоре сюда же прибыли эшелоны Харьковского завода № 183 им. Коминтерна. Сам Уралвагонзавод был переведен в Барнаул.

Е. О. Патон организовал исследования по сварке высокопрочных закаленных сталей. В ноябре 1941 г. впервые в мире удалось решить проблему дуговой сварки под флюсом броневых сталей — дозировано вводить в сварочную ванну низкоуглеродистую проволоку. Е. О. Патон писал: «Мы гордились и сейчас гордимся тем, что советские танкостроители первыми в мире научились варить броню под флюсом. До самого конца войны у немцев не было автосварки танковой брони, а у американцев она появилась только в 1944 году» [1]. Сотрудник технологического отдела А. М. Макара при решении этой проблемы прошел хорошую школу «покорения брони». К концу 1944 г. сварка под флюсом применялась на 52 заводах.

Талант исследователя сформировался у А. М. Макары в военные годы. По ночам, в свободное от работы на заводе время, Б. Е. Патон и А. М. Макара исследовали процессы, протекающие при автоматической сварке под флюсом. Они обосновали наличие дугового разряда, как источника тепловой энергии для плавления флюса, металла [2]. Впервые описали условия для разработки новых флюсов, выбора режимов сварки и изложили теорию создания автоматов для дуговой сварки.

Е. О. Патон считал повышение скорости сварки одним из путей повышения ее производительности. А. М. Макара участвует в экспериментах по сварке несколькими дугами, проверяет перспективность этой идеи для развития высокопроизводительных технологий. В 1943 г. была предложена автома-

тическая дуговая сварка расщепленным электродом, при котором в зону дуги подаются два и более плавящихся электрода. Позже в ИЭС была разработана конструкция двудугового автомата с питанием от трансформатора, преобразующего трехфазный ток сети в двухфазный сварочный ток.

Однако главным в научной деятельности А. М. Макары была все же сварка специальных высокопрочных сталей. Он станет ведущим специалистом в стране и признанным авторитетом в мире по вопросам дуговой автоматической сварки броневых сталей, закрепив тем самым приоритет ИЭС в этой области.

Опубликованная в 1947 году статья А. М. Макары и Б. И. Медовара о кристаллизации сварочной ванны [3] инициировала широкую дискуссию в СССР и за рубежом, были получены уникальные результаты исследования условий кристаллизации швов при больших скоростях сварки.

А. М. Макара участвовал в выполнении программы из 25 тем, составленной Е. О. Патонем в 1948 г. Среди них были работы по определению влияния способов производства сталей и их химического состава на свариваемость, исследованию характера первичной кристаллизации сварочной ванны, условий кристаллизации швов при больших скоростях сварки (А. М. Макара, А. Е. Аснис, Б. С. Касаткин, С. А. Островская и др.); была развита закалочная гипотеза образования трещин. В конце 1940-х — начале 1950-х годов значительно возрастают параметры режимов эксплуатации техники нового поколения: рабочие температуры, удельные нагрузки. Потребовались теплоустойчивые, жаропрочные и жаростойкие высоколегированные сплавы. Усилия сварщиков и металлургов были направлены на выбор оптимальных систем легирования материалов, обеспечения требуемого комплекса свойств швов и околошовной зоны.

В 1946 г. А. М. Макара защитил кандидатскую диссертацию, а с 1948 г. возглавил лабораторию. В 1950-м году на базе лаборатории был создан отдел сварки высокопрочных среднелегированных сталей. В 1949 г. в Институте электросварки им. Е. О. Патона впервые в мире был создан новый вид сварки — электрошлаковая сварка (Г. З. Волошкевич, Б. Е. Патон). Исследование условий возникновения трещин при сварке легированных сталей, влияние параметров режимов сварки и термообработки на механические свойства соединений и ряд других работ, проведенных

сотрудниками отдела А. М. Макары, открыли новые возможности электрошлаковой технологии сварки для изготовления мощного металлургического и энергетического оборудования, стартовых установок для баллистических ракет, корпусов подводных лодок и т.п. В 1952 г. в ходе исследований электрошлаковых процессов был открыт принципиально новый способ производства металла — электрошлаковый переплав (ЭШП) (Б. Е. Патон и Б. И. Медовар). В усовершенствовании броневых сталей с применением новых электрошлаковых процессов принял участие и А. М. Макара.

В отделе под руководством Макары занимались разработкой низкокремнистых и низкомарганцевистых плавненных флюсов, снижающих содержание вредных примесей и порог хладноломкости легированных сталей. Создавалась и новая электродная проволока. Исследования структуры металла шва и зоны термического влияния сварки на броневых сталях становятся самостоятельным направлением в металлургии, выделившимся из металлургии сварки.

В институте увеличивается объем правительственных заказов от военно-промышленного комплекса. Отдел А. М. Макары решает новые задачи танко- и судостроения, химического машиностроения.

В 1954 г. Б. Е. Патон назначает А. М. Макару своим заместителем по науке. Арсению Мартыновичу приходится совмещать научно-организационную работу с работой своего отдела, курировать работу отделов, количество которых с конца 1950-х годов возрастает. О его отношении к делу свидетельствуют воспоминания член-корреспондента НАНУ В. И. Лакомского: «...после войны институт приступил к исследованию процесса трещинообразования при сварке закаливающихся сталей и, в частности, к проверке водородной гипотезы, не имея никакого опыта в деле анализа сталей на содержание в них водорода. Определение содержания водорода в стали поручили работникам лаборатории химического анализа, которые никогда не занимались физико-химическими методами анализа и не имели даже понятия о вакуумной гигиене. Так, проработав длительное время, институт не получил никакой достоверной информации для решения поставленной задачи. Когда я пока-



Посещение Первым секретарём ЦК КПСС Н. С. Хрущевым и руководителями УССР Д. С. Коротченко, А. И. Кириченко, Института электросварки им. Е. О. Патона в 1957 г. Справа налево: А. М. Макара (первый), Б. Е. Патон.

зал заместителю директора института по науке Арсению Мартыновичу Макаре, человеку вдумчивому, никогда не принимающему скоропалительных решений, их ошибки, он очень расстроился, изъял из химлаборатории производство этих видов анализа и принял решение создать в институте специализированную лабораторию газов в металлах... За сравнительно короткое время была создана аналитическая лаборатория для определения содержания газов в металлах, поскольку институт стал заниматься сваркой алюминия, титана, циркония, молибдена и других современных металлов и их сплавов, где без информации о содержании в них газов технологии сварки не создашь».

Под руководством А. М. Макары была изучена природа образования высокотемпературной химической неоднородности в зоне сварных соединений легированных конструкционных сталей. Разработаны высокопрочные стали, работающие при низких и повышенных температурах, полупрокатные стали с улучшенными свойствами [4, 5]. В 1964 г. А. М. Макара защищает докторскую диссертацию. В 1965 г. он получил звание профессора, в 1967 г. был избран членом-корреспондентом АН УССР.

Отдел А. М. Макары разрабатывал новые составы и технологии производства броневых высокопрочных композиционных сталей, в том числе на основе ЭШП, технологии их сварки, сварочные материалы. Инновационные разработки внедрялись сотрудниками отдела в первую очередь в производство новых вооружений: бронемашин на заводах Омска, Харькова, Мариуполя, Нижнего Тагила, Ленинграда (В. Г. Гордонный, А. Т. Дыбец, В. А. Саржевский, И. П. Жовницкий, И. И. Довгоброд, А. П. Шульженко, В. М. Мусияченко, В. М. Кирьяков, М. М. Савицкий и др.); стоек шасси, хребтовых балок, подмоторных рам на авиазаводах Москвы, Горького, Казани (Н. А. Мосендз, Н. Е. Протосей, С. И. Соловяненко), ракетных двигателей на заводах Москвы, Куйбышева, Днепропетровска (Б. Н. Кушниренко и др.) [6, 7].

В последние годы своей жизни А. М. Макара занимался созданием научных основ технологий и материалов для электронно-лучевой и диффузионной сварки высокопрочных, композиционных и разнородных сталей, в том числе и методами



Е. О. Патон и А. М. Макара. Скоростная сварка двумя дугами ускорила производство труб. (ИЭС, 1949 г.)

специальной электрометаллургии, устойчивых к перегреву при сварке и термической обработке.

В 1958 г. в Координационном научном совете СССР по сварке А. М. Макара возглавил направление сварки специальных сталей. Он был членом Бюро отделения физико-технических проблем металловедения АН УССР, заместителем председателя ученого совета ИЭС им. Е. О. Патона.

А. М. Макара был награжден орденом «Знак Почета», медалями «За трудовую доблесть» и «За доблестный труд». Работы, в которых участвовал Макара, отмечены Государственной премией УССР (1972 г., 1983 г.), премиями им. Е. О. Патона (1970 г., 1975 г.).

Скончался Арсений Мартынович 17 апреля 1975 года во время доклада о исследованиях по материалловедению на заседании президиума Академии наук УССР. Его идеи продолжают реализовывать ученики. А. М. Макара подготовил 16 кандидатов и докторов наук, опубликовал 8 монографий и более 100 статей и докладов.

Литература

1. Патон Е. О. Воспоминания / Лит. Запись Ю. Буряковского. — Киев: Гослитиздат Украины, 1955. — 324 с.
2. Патон Б. Е., Макара А. М. Экспериментальное исследование процесса автоматической сварки под слоем флюса / Киев: ИЭС, 1944. — 92 с.
3. Медовар Б. И., Макара А. М. О периодичности процесса первичной кристаллизации сварочной ванны при сварке под флюсом // Автогенное дело, — 1947. — № 10. — С. 1–5.
4. Макара А. М., Лакомский В. И., Жовницкий И. П. Исследование распределения водорода в сварных соединениях среднелегированных сталей с аустенитным и ферритным швами // Автомат. сварка. — 1958. — № 11. — С. 23–29.
5. Макара А. М. Исследование природы холодных околошовных трещин при сварке закаливающихся сталей // Там же — 1960. — № 2. — С. 9–33.
6. Макара А. М., Мосендз Н. А. Сварка высокопрочных сталей. Киев: Техніка, 1970. — 140 с.
7. Свариваемость конструкционных сталей, подвергшихся рафинированному переплаву / Б. Е. Патон, А. М. Макара, Б. И. Медовар и др. // Автомат. сварка. — 1974. — № 6. — С. 1–4.

● #939

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».

927 928 929 930 931 932 933 934 935 936 937 938
939 940 941 942 943 944 945 946 947 948 949 950
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

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, цветные палитру 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. отд. **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

Зам. рук. ред. отд., 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 Агентство «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