

5 (87) 2020

Журнал выходит 6 раз в год.

Издается с мая 2006 г.

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

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

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

Производственно-технический журнал

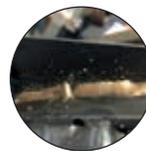
СВАРЩИК

№ 5 2020

В РОССИИ

СОДЕРЖАНИЕ

Новости техники и технологий	4
Новости компаний. Подготовка кадров	7
Газопламенная резка и термическая правка Воздушно-дуговые процессы в машиностроительном производстве. <i>В.И. Панов</i>	11
Технологии электрошлаковой наплавки Получение электрошлаковой наплавкой биметаллических армирующих элементов для упрочнения деталей горно-металлургического комплекса. <i>Ю.М. Кусков, В.А. Жданов, В.Н. Проскудин, А.В. Нетяга</i>	14
Оборудование для производства Газокислородный резак Р1Ш-Сп для работы в труднодоступных местах. <i>В.М. Литвинов, Ю.Н. Лысенко</i>	16
Технологии сварки неметаллических материалов Опыт работ ДП «ГСИ-Укрнефтегазстрой» по сварке, склеиванию и ламинированию труб из неметаллических материалов. <i>И.В. Щудлак, В.Г. Левицкий</i>	21
Наши консультации	23
Охрана труда Сравнительный анализ производственных стандартов по нормированию ультрафиолето- вого излучения, действующих в Украине, РФ и других странах. <i>О.Н. Гончарова, А.Т. Малахов</i>	25
Вклад ИЭС им. Е.О. Патона в научно-технический прогресс. К 150-летию Е.О. Патона. Памяти Б.Е. Патона Этапы большого пути. Часть 2. <i>А.А. Мазур, Л.Б. Любовная, Н.С. Онищенко</i>	29
Сварка и родственные технологии – боевому ракетостроению. Первые конструкции и совершенствование технологии сварки. Часть 1. <i>Л.М. Лобанов, А.Н. Корниенко</i>	34



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 В. Г. Абрамишвили

Верстка и дизайн В. Г. Абрамишвили

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 18.11.2020. Формат 60×84 1/8.

Печать офсетная. Бумага офсетная. Гарнитура PetersburgC. Отпечатано в ЗАО «ТДДС-Столица-8».

Заказ № 7755 от 16.11.2020. Тираж 1000 экз.

Издание выходит при содействии производственно-технического журнала «Сварщик»

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

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

Главный редактор В. Д. Позняков

Зам. главного редактора В. Г. Абрамишвили

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

Адрес редакции 03150, Киев, а/я 337

Тел./факс +380 44 200 80 14

E-mail welder.kiev@gmail.com

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

Подписка-2020

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

Подписной индекс **Е20994**
в каталоге Агентства «Книга-Сервис»

Подписной индекс **К0103**
в каталоге российской прессы
«Почта России» — персональная подписка

News of engineering and technology 4

News of Company. Personnel training 7

Gas-flame cutting and thermal fixing

- Air-arc processes in mechanical engineering production.

V.I. Panov 11

Electroslag surfacing technologies

- Obtaining bimetallic reinforcing elements by electroslag surfacing for strengthening parts of the mining and metallurgical complex.

Yu.M. Kuskov, V.A. Zhdanov, V.N. Proskudin, A.V. Netyaga 14

Equipment for the production

- Oxy-fuel cutter R1SH-Sp for work in hard-to-reach places.

V.M. Litvinov, Yu.N. Lysenko 16

Welding technology for non-metallic materials

- Work experience of DP «GSI-Ukrneftegazstroy» in welding, gluing and lamination of pipes made of non-metallic materials.

I.V. Shchudlak, V.G. Levitskiy 21

Our consultations

 23

Labor protection

- Comparative analysis of production standards for the regulation of ultraviolet radiation in force in Ukraine, RF and other countries.

O.N. Goncharova, A.T. Malakhov 25

Contribution of the E.O. Paton EWI in scientific and technological progress. To the 150-th anniversary of E.O. Paton. In memory of B.E. Paton

- Stages of a long way. Part 2.

A.A. Mazur, L.B. Lyubovnaya, N.S. Onishchenko 29

- Welding and related technologies – combat rocketry.

First designs and improvement of welding technology. Part 1.

L.M. Lobanov, A.N. Kornienko 34

Воздушно-дуговые процессы в машиностроительном производстве.

В.И. Панов

Воздушно – дуговые процессы являются одним из звеньев обработки металлов в высокотехнологичных металлургических, металлообрабатывающих и сварочных производствах. Технологический процесс воздушно-дуговой обработки широко применяется в металлургическом и сварочном производстве, в ремонтной сварке. Эти процессы имеют свои физико-химические особенности, вызывающие определенные затруднения, они также описаны в статье.

Получение электрошлаковой наплавкой биметаллических армирующих элементов для упрочнения деталей горно-металлургического комплекса.

Ю.М. Кусков, В.А. Жданов, В.Н. Проскудин, А.В. Нетяга

Описана, разработанная в ИЭС им. Е.О. Патона, технология электрошлаковой наплавки (ЭШН) с использованием секционного токоподводящего кристаллизатора, что позволяет выполнять наплавочные работы, способствующие значительному повышению долговечности изнашиваемых деталей. Разработан способ получения таких деталей при изготовлении или ремонте, который заключается в приварке к изнашиваемым зонам деталей биметаллических армирующих элементов, состоящих из хорошо свариваемой стали (основа), соединенной электрошлаковым способом с высокоизносостойким наплавленным металлом, что позволяет упрочнить локальные зоны износа. Отработана технология получения биметаллических армирующих элементов ЭШН дискретным наплавочным материалом из стали и чугуна (дробь, гранулы, стружка) в токоподводящем кристаллизаторе Ø 50 - 200 мм.

Газокислородный резак Р1Ш-Сп для работы в труднодоступных местах.

В.М. Литвинов, Ю.Н. Лысенко

Для кислородной резки листового и сортового металлопроката толщиной до 100 мм используются стандартные резаки Р1, работающие как на ацетилене, так и на газах - заменителях. Однако существует обширный перечень работ, где использовать эти резаки затруднительно, например, при удалении заклепок и болтов, при ремонте корня сварного шва в узкой разделке и т.д. Разработан газокислородный резак специального назначения Р1Ш-Сп и налажено его серийное производство. Резак предназначен для работы в труднодоступных местах. Приведены технические характеристики резака, описаны его устройство и работа, представлены чертежи основных узлов и деталей. Показана работа резака, она проиллюстрирована фотографиями.

Сравнительный анализ производственных стандартов по нормированию ультрафиолетового излучения, действующих в Украине, РФ и других странах.

О.Н. Гончарова, А.Т. Малахов

Рассмотрены два основных нормативных документа: СН 4557-88 (действуют до 01.01.2022 г. в Украине; введены заново в РФ; в Белоруссии с 2013 г. действует новый, немного отличающийся норматив) и DIRECTIVE 2006/25/ЕС (действует с 2006 г. в странах ЕС; в США, Япония и др. странах действуют схожие нормативы). Установлены основные отличия этих нормативов: в СН основными нормообразующими величинами являются интенсивность УФИ ($Вт/м^2$) и время его воздействия, в Директиве – эффективные интенсивность УФИ ($Вт/м^2$) и доза облучения ($Дж/м^2$), что позволяет точнее учитывать степень воздействия на кожные покровы и глаза; в СН ограничения устанавливаются отдельно в каждом из диапазонов УФ спектра (А, В, С), в Директиве – во всём диапазоне УФ спектра (180-400 нм); в СН налагаются более строгие ограничения на воздействие УФ-С излучения.



Сварочная отрасль РФ нацелена на господдержку и консолидацию

Общероссийское совещание специалистов-сварщиков «Проблемы сварочной отрасли в РФ и пути их решения» состоялось 13 октября 2020 г. в рамках Weldex Online. В обсуждении приняли участие представители Минпромторга РФ, ЦНИИТМАШ, РНТСО, Национальной технологической палаты, МИИТ, НИИ «Курчатовский институт» - ЦНИИ КМ «Прометей» и др. организаций – участников сварочной отрасли. Было отмечено, что состояние рынка сварки в России в настоящее время оставляет желать лучшего. По словам Юрия Подкопаева, президента Московского межотраслевого альянса главных сварщиков (ММАГС), выступившего модератором совещания, в данной сфере России уступила свое лидерство и на протяжении последних лет наблюдается отставание во внедрении новых сварочных технологий, в автоматизации и роботизации процессов.

На многие импортируемые виды сварочной продукции в России установлена нулевая ввозная пошлина, что препятствует отечественным инвестициям и развитию производства прогрессивной сварочной техники в стране. Сохраняется серьезная зависимость России от импорта продукции сварочного назначения.

Регулярно возникают вопросы к действующим стандартам в области сварки, к системе оценки качества сварки, а также к уровню квалификации сварочного персонала. Не разрешены противоречия в отношении вопроса о целесообразности возможного применения в России европейских стандартов ISO.

По-прежнему остро ощущается кадровый дефицит, который еще усиливается на фоне сокращения числа учебных за-



ведений, готовящих сварщиков. Подготовка специалистов в данной сфере ведется по учебникам 30–40-летней давности.

Как прозвучало на совещании, на государственном уровне действуют меры поддержки при создании новых производств сварочного назначения в виде компенсации части затрат, льготных субсидий. Однако, по мнению участников встречи, участие государства в развитии рынка сварки может быть более ощутимым. Это касается поддержки отечественных производителей сварочных материалов и оборудования, научно-технической деятельности в разработке новой продукции, а также программ подготовки сварщиков. Результаты продвижения прогрессивных подходов в сварочной отрасли по всем сегментам зависят от консолидированной позиции и активного взаимодействия его участников.

Озвученные на встрече вопросы войдут в пакет предложений для дальнейшей проработки координационного совета в составе представителей профессиональных ассоциаций и организаций сварочной отрасли.

www.weldex.ru, www.metalinfo.ru

●#1263

Новые тренды в сварочном производстве

Московский межотраслевой альянс главных сварщиков (ММАГС) и компания «ЭЛСВАР» выступили организаторами вебинара по теме «Рынок сварочных материалов и оборудования: текущее состояние, проблемы и пути решения». Мероприятие прошло на онлайн-площадке выставки сварочных материалов, оборудования и технологий Weldex. В вебинаре приняли участие специалисты сварочного производства предприятий металлургии, машиностроения, нефтегазовой сферы, строительства и др. Спикерами выступили представители крупнейших зарубежных и отечественных производителей сварочных материалов и оборудования.

Тренды развития сварочного производства отражают растущие требования к надежности и качеству сварки. Речь идет о сварке высоколегированных сталей, что связано в т.ч. с реализацией северных проектов СПГ, и о сварке высокопрочных и легких конструкций. Актуальны также вопросы повышения производительности и эффективности сварочного производства, цифровизации техпроцессов и импортозамещения в данной сфере.



Представители ESAB и Lincoln Electric рассказали о сварочных материалах и оборудовании, которые они представляют на отечественном рынке

в рамках локализации производства. Lincoln Electric наладила выпуск продукции в Орловской области, производство ESAB локализовано в Санкт-Петербурге и Тюмени. Среди новинок российского производства: универсальный электрод для производительной сварки ответственных металлоконструкций, рutilовая порошковая проволока для сварки углеродистых и низколегированных сталей, сварочные материалы для высокоскоростной сварки, для сварки ответственных конструкций с высокими требованиями к ударной вязкости, для сварки прямшовных ТБД. ESAB предлагает и вакуумную упаковку для сварочных материалов, что позволяет хранить их в сложных климатических условиях, а также использовать без предварительной подготовки.

Был отмечен растущий интерес российских потребителей к порошковым проволокам, применение которых обеспечивает большую производительность и качество. В настоящее время этот материал наиболее востребован в нефтегазовой отрасли и судостроении. Порошковые сварочные материалы на отечественном рынке предлагают сегодня не только зарубежные компании, но и местные производители. На встрече были презентованы прогрессивные виды сварочных проволок, изготавливаемых в России компанией НПФ «ИТС».

Участники рассмотрели также перспективы применения в сварочном производстве новейших технологий проектирования с применением средств 3D.

www.weldex.ru, www.metalinfo.ru

●#1264

Разработки ЦНИИТМАШ в сварке, термообработке и аддитивных технологиях, представленные в рамках Российской промышленной недели

20, 21 октября 2020 г. в рамках Российской промышленной недели ГНЦ РФ АО «НПО «ЦНИИТМАШ» (входит в машиностроительный дивизион «Росатома» - АО «Атомэнергомаш») провел две конференции: «Сварка и аддитивные технологии для промышленного применения» и «Инновационные технологии в термической и химико-термической обработке».

Конференция «Сварка и аддитивные технологии для промышленного применения» прошла на площадке выставки RusWeld - 20,21.10.2020 г. В 1-й день участники конференции ознакомились с опытом ведущих российских и зарубежных компаний в области сварки, обсудили перспективы применения сварки при изготовлении ответственного оборудования для машиностроения и рассмотрели специфические проблемы сварочных технологий. Открыл конференцию гендиректор ЦНИИТМАШ Виктор Орлов, а ее модератором стал директор института сварки ЦНИИТМАШ Юрий Волобуев. В программу вошли 6 докладов ученых института сварки ЦНИИТМАШ. Они рассказали о передовых технологиях, над которыми ГНЦ сейчас ведет работы: автоматизации сварки и УЗК сварных соединений в бассейнах выдержки на АЭС, выполнении однородного однослойного антикоррозионного покрытия при помощи технологии электрошлаковой наплавки лентой под флюсом на оборудовании для АЭС. Прозвучали доклады и о конкретных разработках: инверторных источниках питания для полуав-

томатической, автоматической дуговой сварки и плазменных технологий, новых керамических флюсах для сварки и наплавки и объектах их применения в машиностроении и энергомашиностроении, электродах на основе кобальта для уплотнительных наплавки арматуры ответственного назначения. Обсуждения коснулись и текущего состояния нормативной документации по аттестации технологии сварки для оборудования АЭУ и перспектив ее оптимизации.

Во 2-й день конференции специалисты обсудили решения для промышленного применения аддитивных технологий. Одной из ключевых тем этой секции стал доклад сотрудника ИТПН ЦНИИТМАШ Сергея Савосина «Особенности получения порошков алюминиевых сплавов для аддитивных технологий на установке газового распыления производства ЦНИИТМАШ». Специалисты рассмотрели различные технологии 3D-печати и литейных форм и передовые разработки компаний АО «Композит», АО «Полема» и i3D. Модератором дискуссии выступил директор по развитию и ВЭД ЦНИИТМАШ Виктор Дураничев.

На обеих выставках ЦНИИТМАШ представил свои разработки и на стендах, где у посетителей была возможность задать свои вопросы специалистам по сварке, термообработке и аддитивным технологиям. За участие в выставке ЦНИИТМАШ был награжден дипломами.

www.cniitmash.ru, www.cniitmash.com

●#1265

Разработки ЦНИИТМАШ для ОПК: тезисы доклада Гендиректора ЦНИИТМАШ В. Орлова в рамках научно-деловой программы форума Армия-2020

Гендиректор ГНЦ РФ АО «НПО «ЦНИИТМАШ», докт. техн. наук Виктор Орлов выступил с докладом на конференции «Российская наука – в интересах диверсификации ОПК», прошедшей 25.08.2020 г. в рамках научно-деловой программы форума Армия-2020. Доклад «Роль прикладной науки при диверсификации разработок ОПК и унификация технологических решений в интересах коммерческих предприятий» был признан лучшим и отмечен дипломом форума. Организатором конференции выступило Минобрнауки РФ. Конференция стала площадкой для дискуссии экспертов о ключевых направлениях и эффективных формах взаимодействия институтов Минобрнауки с предприятиями ОПК. Она дала научно-техническим организациям возможность представить последние результаты своих исследовательских работ для возможного применения в интересах вооруженных сил РФ.

В своем докладе В. Орлов рассказал о приоритетных направлениях деятельности ЦНИИТМАШ, 90-летнем опыте института в разработке и внедрении проектов для общего и специального машиностроения. Он представил материалы, технологии и оборудование, которые могут найти применение в российском ОПК: технология электрошлакового переплава, высоковакуумное оборудование, комплекс машин для аддитивных технологий. Он также остановился на разработках института в области хладостойких сталей – в частности, новой марке стали ЦНИИТМАШ для арктических и СПГ-проектов. В. Орлов отметил высокую эффективность ее применения: исследования показали, что сочетание свойств стали позволяет использовать ее в качестве корпусной, при этом интегральный экономический эффект на условную

1 т оборудования составит 200 тыс. рублей.

По мнению В. Орлова, основная проблема в вопросе диверсификации ОПК – отсутствие сформированной и согласованной программы производства конкурентного оборудования с требованием применения отечественных материалов и технических решений. Этот факт препятствует локализации производства на территории РФ и получению референций для отечественных материалов и производителей. «Научные школы России исторически достаточно узкоспециализированы по отраслям применения, что обуславливает большое количество «шаблонных» решений. Ситуацию усугубляет и очевидный кадровый голод: нам не хватает высококвалифицированных ученых и технологов. В сложившихся условиях двигаться вперед поможет объединение опытно-лабораторного и научного потенциала опорных научных организаций ОПК и гражданского сектора на стадии постановки задач, например, в рамках консорциумов, общих научно-технических советов, рабочих групп по ключевым направлениям. Ведь развитие и диверсификация в ОПК невозможна без интеграции с гражданскими отраслями промышленности», – считает В. Орлов. Он отметил, что ЦНИИТМАШ обладает достаточным количеством компетенций и квалифицированных кадров, чтоб стать центром ответственности за качество использования научного и кадрового потенциала РФ в области сплавов и металлокомпозитов, и выразил готовность к сотрудничеству с промышленными предприятиями по этому направлению.

www.cniitmash.ru, www.cniitmash.com

●#1266

Восстановление сваркой уникальных базовых деталей промышленного оборудования

В промышленных комплексах Украины и РФ более 60–70 % уникального металлургического, горно-обогатительного, кузнечно-прессового и другого технологического оборудования изготовлено в 1980-е гг. XX столетия и эксплуатируется более 35–40 лет. Истечение назначенного срока службы, интенсивная эксплуатация, конструкторские и монтажные ошибки приводят к закономерному выходу из строя базовых деталей этих машин. Основной вид отказа – усталостное разрушение в наиболее нагруженных и несущих узлах со сложными сечениями и повышенной концентрацией напряжений. Общеизвестно, что поддержание работоспособности металлоконструкций представляется возможным на основе правильного использования сварочных технологий.

Как правило, базовые детали такого оборудования, работающего в условиях динамического нагружения, изготавливаются из литых углеродистых сталей (0,3–0,5 % С) в литом или литосварном вариантах, из поковок в ковном или ковано-сварном вариантах. Это могут быть сварные металлоконструкции из толстолистового низколегированного проката повышенной или высокой прочности. Сложные базовые детали редукторов отливаются из конструкционных серых чугунов.

На основании нашего многолетнего опыта и принимая во внимание такой спектр применяемых конструкционных материалов, характеризующихся ограниченной или неудовлетворительной свариваемостью, накопленные необратимые струк-

турные и механические макро- и микроповреждения металла, связи в закреплениях, толщины стенок (40–350 мм), пространственные положения мест разрушения, утверждаем, что использование технологий изготовительной сварки в ремонтных целях нерезультативно и снижает шансы на восстановление работоспособности в проектном режиме хоть на какой-то прогнозируемый период времени.

Сегодня Институт электросварки (ИЭС) им. Е.О. Патона предлагает научно-обоснованные разработки, направленные на продление ресурса базовых деталей уникального оборудования. Ученые и специалисты Института оказывают услуги в разработке технических решений и технологических процессов в ремонтной сварке.

В рамках оказываемых услуг Институт командирует своих специалистов для оценки фактического состояния ремонтируемого объекта, установления причин отказа, осуществления неразрушающего контроля, отбора проб металла для комплексных исследований. Выполняет анализ состояния металла и конструкции в целом, дает заключение о ремонтно-пригодности базовой детали и только после этого разрабатывает технологический процесс его восстановления. Разработка технологических рекомендаций и процесса ремонтной сварки базируется на моделировании технических приемов выполнения восстановительных работ. При этом производится выбор наиболее оптимального, для каждого конкретного изделия и условий выполнения работ, способа удаления дефектов и формирования кромок сварного соединения, а также процесса сварки, сварочных материалов и метода неразрушающего контроля ремонтных соединений. С учетом этого разрабатывается технологический процесс проведения ремонта, производится обучение рабочего персонала и формируются специализированные ремонтные бригады. После выполнения ремонтных работ дается заключение о техническом состоянии восстановленной конструкции и рекомендации по ее обследованию при последующей эксплуатации. В процессе восстановления конструкции специалистами ИЭС осуществляется авторский надзор за ходом выполнения ремонтных работ.

Затраты на восстановление базовых деталей не превышает 35 % от их первоначальной стоимости. После ремонта оборудование может эксплуатироваться в проектном режиме. Некоторые примеры ремонтов показаны слева.



Кольцо опорное дробилки КСД (масса 17,9 т, сталь 35Л), ГОК «Карельский окатыш» г. Костомукша (ремонтная сварка)



Конус дробящий дробилки ККД (масса 28,6 т, сталь 35Л), ГОК «Карельский окатыш», г. Костомукша, восстановленный участок

Контакты: НТК ИЭС им. Е.О. Патона:
тел.: +38 044 287–27–16, e-mail: proskudin@ntk.ua

www.stc-paton.com

●#1267

В Республике Марий Эл, в поселке Суслонгер открылся центр обучения сварочным технологиям



11 сентября 2020 г. в Республике Марий Эл открылся Центр Сварочных технологий, уникальная площадка для подготовки специалистов по сварке и резке и внедрения передовых решений на промышленных производствах региона. Центр Сварочных технологий был построен по инициативе компании Марийские 3D Технологии, при участии компания ESAB, одного из лидеров в области производства оборудования и расходных материалов для сварки и резки, и поддержке администрации Звениговского района республики Марий Эл.

На территории центра будут проходить лекции и мастер-классы для студентов профильных учебных заведений, курсы повышения квалификации, тест-драйвы нового сварочного оборудования и сварочных материалов компании ESAB. В будущем в нём можно будет проводить региональные чемпионаты международного движения WorldSkills Russia, направленного на популяризацию рабочих профессий среди молодёжи, и некоммерческого движения Абилимпикс, целью которого является развитие в России системы конкурсов профессионального мастерства для людей с инвалидностью и ограниченными возможностями здоровья.

В Центре оборудовано 5 постов с автоматизированными сварочными аппаратами, на которых может работать до 10 человек, и современные учебные классы. Центр Сварочных технологий будет выполнять работы по сварке и резке для коммерческих предприятий региона и по запросу заказчиков проводить оптимизацию сварочных процессов на производствах. Также компания Марийские 3D Технологии выступит официальным дистрибьютером ESAB и будет реализовывать сварочное оборудование и расходные материалы.

Новая площадка ориентирована на работу с высшими и средними специальными учебными заведениями, а также промышленными предприятиями республик Марий Эл, Чувашия и Татарстан.

«В Центре Сварочных Технологий мы видим новые, зарубежные решения, которые интегрированы в российское производство. Здесь техническая грамотность и техническое творчество сочетаются с темой подготовки высококвалифицированных кадров для малого и среднего бизнеса. Совместно с качественным образованием обучение на передовом оборудовании даст подготовленных специалистов, что в свою очередь внесёт вклад в укрепление нашей экономики», – отметил на церемонии открытия новой образовательной площадки глава Республики Марий Эл – Александр Евстифеев.

«Спрос на высококвалифицированных сварщиков в Республике пока явно опережает предложение. И для того, чтобы вернуть баланс в эту сферу, нужны такие производственные мощности, как здесь. Молодые люди, которые будут сюда приходить, могут быть уверены в том, что их квалификация и труд будет вос-

требован реальной экономикой региона», – прокомментировал открытие председатель комитета Совета Федерации по международным делам, представитель от исполнительного органа власти Марий Эл в Совете Федераций Константин Косачев.

«Многие предприятия в Республике Марий Эл работают на экспорт. И для того, чтобы качество их продукции соответствовало международными стандартам, нужны высококвалифицированные кадры. В Центре Сварочных технологий представлено передовое оборудование, а при содействии Российского научно-технического сварочного общества (РНТСО) обучение будет проходить по программам, разработанным с учетом всех международных требований. Мы уверены, что это повысит престиж работы сварщика и вдохновит молодых людей делать выбор в пользу рабочих профессий», – отметила вице-президент РНТСО Надежда Волкова.

«Тот город богаче, не где больше людей, а где больше профессий. Поддерживая открытие Центра Сварочных технологий, мне хотелось дать людям возможность овладеть современной профессией, которая позволит им хорошо трудоустроиться или начать свое дело. Муниципальные органы власти и бизнес должны работать во имя главной цели – эффективной производственной деятельности и повышения уровня качества жизни населения», – комментирует учредитель ООО «Марийские 3D технологии», основной инвестор Центра Сварочных технологий Андрей Яковлев

«Открытие Центра Сварочных технологий в Суслонгере – это новая страница истории компании ESAB. Эта площадка одновременно будет и дистрибьютером нашего оборудования и материалов в регионе, и местом, где будут обучаться молодые специалисты и проходить переподготовку действующие сварщики, которые в будущем станут опорой российской промышленности. Также в новом Центре мы будем вести диалог с региональными производствами, чтобы через обратную связь развиваться, адаптировать и локализовать наши решения в России», – добавил управляющий директор компании ЭСАБ в России и СНГ Дмитрий Куракса.

«Поскольку производства постоянно модернизируются, подготовка профессиональных кадров, способных работать на новейшем оборудовании, становится первостепенной задачей бизнеса и образовательных организаций. На протяжении всей своей деятельности наша компания ведёт активную работу в области развития дополнительного образования, и мы рады, что компания ESAB и региональные власти поддержали нас в решении открыть передовой центр сварочных технологий», – комментирует генеральный директор компании ООО «Марийские 3D технологии» Артём Алимов.

●#1268

Как вузам улучшить подготовку сварщиков? Возможности технического образования



11 сентября 2020 г. компания ESAB, один из лидеров в области производства оборудования и расходных материалов для сварки и резки, провела в Москве круглый стол «Практико-ориентированное образование – проблемы и решения» в рамках деловой программы Национального финала Чемпионата WorldSkills Russia.

В программе приняли участие представители Российского Научно-Технического Сварочного Общества, а также заведующие кафедр и профессора сварочных технологий ведущих технических вузов России и СНГ – МГТУ им. Н.Э. Баумана, РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, Российского Университета Транспорта (МИИТ), Санкт-Петербургского Морского Университета, Санкт-Петербургского Политехнического университета Петра Великого и Белорусско-Российского Университета (г. Могилёв).

Основной темой дискуссии стала практическая подготовка студентов технических вузов в области сварки и резки. Сегодня к специалистам по сварке и резке предъявляются качественно новые требования, нежели несколько лет назад, в частности, они должны уметь пользоваться оборудованием, содержащем в себе все больше цифровых решений, таких как синергетические кривые или облачные системы сбора технологической информации о процессах сварки. В связи с этим, основной трудностью, с кото-

рой сталкиваются вузы и колледжи, является недостаток современного оборудования, на котором студенты могли бы практиковаться.

Помимо этого, в ходе дискуссии была отмечена необходимость обновления научно-методической и учебной базы подготовки специалистов по сварке и резке, в т.ч. уделять больше внимания процессам, альтернативным дуговой сварке, таким как – лазерная, электронно-лучевая сварка и т.п.

Для повышения качества подготовки молодых специалистов было предложено рассмотреть возможность унификации терминологии, приведения обучения к международным стандартам и внедрения цифрового моделирования сварочных процессов.

Движение WorldSkills – это международная некоммерческая ассоциация, целью которой является повышение качества профессиональной подготовки и квалификации, а также популяризация рабочих профессий через проведение соревнований по всему миру. Россия присоединилась к движению в 2012 г., и за 8 лет WorldSkills Russia было проведено более 500 региональных, корпоративных, вузовских и национальных чемпионатов. В них приняли участие более 100 тысяч человек.

С 2018 г. ESAB предоставляет передовое сварочное оборудование и материалы для компетенций чемпионатов WorldSkills Russia, где присутствует сварка и резка металлов. Компания является партнёром движения в компетенциях «Сварочные технологии», «Обработка листового металла» и «Кузовной ремонт».

«Подготовка квалифицированных кадров в области сварки и резки должна включать в себя не только изучение точных наук и прикладных технологий, но и выработку практических навыков. Именно опыт специалиста, соединённый с глубокими познаниями, впоследствии будет оценён работодателем. Мы гордимся тем, что можем поддерживать движение WorldSkills Russia и способствовать внедрению практико-ориентированного образования в России», – отмечает Алексей Беликов, генеральный директор ESAB Россия и СНГ.

● #1269

Профсварка 2020: Компания ESAB поддержала выставку и конкурс сварщиков Беларуси

2 октября 2020 г. в Минске завершился 16-ый конкурс сварщиков Беларуси с международным участием, проходивший в рамках 4-ой международной специализированной выставки «Профсварка». Компания ESAB, один из лидеров в области производства оборудования и расходных материалов для сварки и резки, выступила официальным партнёром мероприятия, предоставив аппараты для состязания во всех номинациях.

В конкурсе принимали участие сотрудники организаций Минпрома, Минэнерго, Минобразования, Минжилкомхоза, Минстройархитектуры, а также концерна «Белнефтехим», НАН Беларуси и многих др. Также в номинации «Лучший молодой



сварщик 2020» за звание профессионала боролись выпускники профессиональных лицеев и технических колледжей в возрасте от 17 до 25 лет.

Данный конкурс направлен на повышение уровня и качества профессиональной подготовки молодых и действующих специалистов, а также на поддержку новых достижений в области сварочных технологий, оборудования, материалов, оснастки и инструмента.

В этом году участники традиционно состязались в трёх направлениях: механизированной, аргодуговой и ручной дуговой сварке.

Для конкурса компанией ESAB был поставлен аппарат для аргодуговой сварки Renegade ET300iP EU, инверторный сварочный аппарат для ручной электродуговой сварки штучными электродами (ММА) и TIG сварки - Renegade ES 300i (CE), а также компактный мультипроцессный аппарат Rebel EMP 320iс для промышленной MIG/MAG, ММА и Lift TIG сварки,

Помимо оборудования, компания предоставила участникам и сварочные материалы. В частности,

электроды ОК 53.70 для сварки ММА, прутки ОК Tigrod 308L для TIG и проволоку Св-08Г2С для полуавтоматической сварки.

Победители конкурсов получили в подарок сверхпортативный сварочный аппарат Handy Arc 140i весом всего в 3 кг, серебряные и бронзовые призеры – защитную маску Savage A40 и маску A30.

«Мы традиционно поддерживаем профессиональное сварочное сообщество Беларуси и принимаем участие в совершенствовании школы сварочного мастерства в стране. Современные реалии диктуют свои правила и тот, кто не заботится о подготовке сварщиков сегодня, не сможет успешно работать завтра. К тому же «Профсварка» - знаковое событие для специалистов по сварке и резке не только в Беларуси, но и в России и других странах СНГ. В прошлом году мы впервые представили тут свой передовой портативный механизм подачи проволоки, а в этом с гордостью показываем свои новые решения и с интересом смотрим на технологии своих коллег», – комментирует Дмитрий Куракса, управляющий директор ESAB в России и СНГ.

● #1270

Лучший сварщик России: долгожданный конкурс прошёл в Красногорске

14 октября 2020 г. в Технологическом центре компании ESAB в подмосковном Красногорске завершился Всероссийский профессиональный конкурс сварщиков. 40 молодых и опытных специалистов со всех регионов России соревновались в мастерстве ММА, TIG и MIG/MAG.

Состязания прошли в рамках онлайн выставки «Weldex 2020» при поддержке РНТСО, ММАГС и компании Элсвар.

Среди опытных мастеров сварки победили Цыбенко Павел Евгеньевич («Лучший сварщик-профессионал ручной электродуговой сварки»), Мясников Сергей Сергеевич («Лучший сварщик-профессионал ручной аргодуговой сварки неплавящимся электродом») и Воробьев Сергей Николаевич («Лучший сварщик-профессионал полуавтоматической сварки»).

Среди молодых специалистов первое место взяли Клеменов Денис Сергеевич («Лучший молодой сварщик ручной электродуговой сварки»), Поляков Егор Сергеевич («Лучший молодой сварщик ручной аргодуговой сварки неплавящимся электродом») и Родин Игорь Евгеньевич («Лучший молодой сварщик полуавтоматической сварки»).

Победители конкурсов получили в подарок сверхпортативный сварочный аппарат Handy Arc 140i весом в 3 кг, серебряные и бронзовые призеры – защитную маску Savage A40 и сувениры.

Также каждому участнику была вручена новинка ESAB – пачка рутильных электродов ОК GoldRox.

Кроме этого, в ходе открытого голосования была выбрана победительница всероссийского онлайн-конкурса «Мисс сварка». В состязании приняли участие представительницы сварочных производств, работницы учебных, научных и коммерческих организаций, и студентки, обучающиеся профессиям, в

которых используются сварочные технологии.



Главный приз – маску Sentiel A50 выиграла Демидова Наталья Алексеевна, работающая на Шатурской ГРЭС.

«Для нас большая часть – принимать в своем Технологическом центре выдающихся сварщиков и проводить конкурсы профессионального сварочного мастерства. Через такие состязания мы хотим поощрить специалистов, обладающих выдающимися знаниями и навыками, и повысить престиж этой профессии. Сегодня состязались лучшие из лучших, настоящие мастера своего дела. Я поздравляю победителей и желаю всем лёгкой сварочной дуги и успехов в работе», - отметил Дмитрий Куракса, управляющий директор ESAB в России и СНГ.

● #1271

Протон-Электротекс выпустил тиристорный модуль МТЗ-700-18-А2

Компания «Протон-Электротекс», г. Орел, сообщает о запуске новых тиристорных и тиристорно-диодных модулей МТЗ-700-18-А2 с повышенной плотностью энергии. Данный модуль создан на базе МТЗ-540-18-А2. Более высокая удельная плотность энергии была достигнута за счет модернизации полупроводникового элемента с минимальным изменением остальных элементов конструкции. В частности, модуль был разработан на основе новой топологии, благодаря которой активная площадь катода увеличилась на 10%, уменьшилась толщина диффузионного элемента и улучшился диффузионный профиль. Программа исследований и испытаний, ставшая фундаментом для этих модификаций, позволила добиться ранее недоступных параметров. Новый модуль



имеет меньшие потери в открытом состоянии, меньшее тепловое сопротивление переход-корпус R_{thjc} и более высокий ударный ток $ITSM$. Средний ток в открытом со-

стоянии ITAV увеличился на 20% до 700 А. Повторяющиеся импульсные напряжение в закрытом состоянии и обратное напряжение VDRM / VRRM составили 1400–1800 В.

UDRM/URRM [В]:	1400–1800
IFAV/ITAV ($T_c, ^\circ\text{C}$) [А]:	700 (80)
UFM/UTM ($T_c=25^\circ\text{C}$) [В]:	1.65
IFM/ITM ($T_c=25^\circ\text{C}$) [А]:	2198
UT(TO)/ T_{jmax} [В]:	0.8
r_T/T_{jmax} [МОм]:	0.35
t_q [мкс]:	250
T_{jmax} [$^\circ\text{C}$]:	130
R_{thjc} [$^\circ\text{C}/\text{Вт}$]:	0.051
Корпус:	М.А2
Ширина/длина основания [мм]:	60/124
Конструкция:	двухпозиционный
Тип:	тиристор-тиристор, тиристор-диод

e-mail: marketing@proton-electrotex.com,
www.proton-electrotex.com

● #1272

Победители чемпионата WorldSkills «Навыки мудрых» в компетенциях строительного блока

30 октября 2020 г. объявлены призеры финала II Национального чемпионата «Навыки мудрых» для действующих сотрудников предприятий возраста «50+» в компетенциях «Электромонтаж» и «Сварочные технологии». Победителями в компетенции «Электромонтаж» стали Григорий Киселев (ЕВРАЗ), Александр Злобин (ГК Росатом) и Владислав Смьшляев (ГК Роскосмос), а в компетенции «Сварочные технологии» - Александр Сорокин (ГК Росатом), Евгений Стеньшин (ОСК) и Евгений Блинов (ГК Росатом).

Финал II Национального чемпионата «Навыки мудрых» для действующих сотрудников предприятий возраста «50+» прошел в рамках VII Национального чемпионата сквозных рабочих профессий высокотехнологичных отраслей промышленности WorldSkills Hi-Tech 2020.

Участники в компетенциях строительного блока - работники крупнейших строительных и промышленных производств, таких как ГК Ростех, ПАО «СИБУР Холдинг», ГК Роскосмос, ОАО «РЖД», АО «ОСК», ООО «ЕвразХолдинг», Группа ЧТПЗ и др. Участники чемпионата «Навыки мудрых» владеют всеми необходимыми навыками, предъявляемыми современным работодателем и рынком труда. А это говорит о том, что работающие люди старше 50 лет совершенствуются, учатся, способны конкурировать, а главное готовы делиться своим опытом с молодым поколением.

«Если на первых чемпионатах мы говорили о том, как готовить участников, как привлекать их к соревнованиям, как помогать компаниям разрабатывать корпоративные стандарты, то сегодня мы в

первую очередь сосредоточены на том, как использовать стандарты и инструменты Ворлдскиллс для массовой подготовки и обучения персонала», - отметила директор Академии Ворлдскиллс Россия Светлана Крайчинская.

Конкурсанты, соревнующиеся в строительных компетенциях, должны не только отлично владеть современным оборудованием, но и уделять повышенное внимание деталям - здесь важна точность и аккуратность. Ошибка в мм в одном из модулей конкурсного задания способна привести в негодность все изделие.

«Если бы на конкурс пришел новичок - он бы не справился. Можно было бы просто прийти и сразу уходить. В заданиях был представлен полный комплекс сварочных работ, на одной детали необходимо было сделать сразу 4 сварочных шва. Образцы варятся непрерывным швом, неповоротным. Новичку это недоступно в силу отсутствия опыта, а вот участникам 50+ такие задания вполне по плечу. Для нас, чем сложнее задания, тем интереснее, и тем сильнее конкуренция, поскольку каждый профи своего дела», - поделился впечатлениями от соревнований по компетенции «Сварочные технологии» электрогазосварщик Евгений Бабенов, ООО «НЭРЗ», Новосибирск, АО «Синара - транспортные машины».

Безусловно, главной особенностью участников чемпионата «Навыки мудрых» является наработанный годами опыт и безупречные навыки. Но и для таких специалистов на конкурсе дается возможность научиться чему-то новому.

www.pr-osvet.ru

● #1273

Воздушно-дуговые процессы в машиностроительном производстве*

В.И. Панов, УрФУ им. Б.Н. Ельцина (Екатеринбург)

Воздушно – дуговым процессом (ВДП) называется такой способ, при котором металл, расплавленный открытой прямой электрической дугой, непрерывно удаляется струей сжатого воздуха [1 - 5].

Этот технологический процесс, выполняемый вручную или механизированным способом, используется для строжки металла (ВДС) – поверхностной резки, либо для его разделительной резки (ВДР). ВДП возможны в любом пространственном положении, при этом наблюдается устойчивое горение дуги (как правило, нормальной длины), но она очень чувствительна к ветру, магнитному дутью. Комплект оборудования (аппаратура) для этого технологического процесса состоит из воздушно-дугового резака (строгача), специальных электродов (угольных и т. п.), источника питания током, источника сжатого воздуха и проводов (кабель - шлангов).

Любой резака для воздушно-дуговой резки представляет собой электрододержатель с жесткой или поворотной головкой, оборудованный системой подачи воздуха. Держатель с жесткой головкой позволяет работать с более мощной дугой, держатель с поворотной головкой более удобен при обработке изделий сложной конфигурации.

Дуга горит между обрабатываемым металлом и электродом, зажатым в резаке (строгаче), который может быть местного производства, конструкции ВНИИАВТОГЕНМАШ-а, импортным. Типоразмеры ручных воздушно-дуговых резаков установлены ГОСТ 10796. Пример технической характеристики одного из строгачей приведен в таблице 1.

Ниже представлена техническая характеристика резака РВД – 1:

Максимальный рабочий ток, А, 500
 Часовой расход воздуха, м³, 20
 Диаметр электродов, мм, 6 – 14
 Вес резака, г, 775
 Длина резака, мм, 340

Кабель – шланг представляет собой резиноканевый рукав, в воздушном канале которого прокладывают гибкий провод, подводящий ток.

Замеры показали, что наибольшая производительность получается на постоянном токе обратной полярности. Некоторые рекомендации по применению тока для ВДС или ВДР различных металлов и их сплавов приведены в таблице 2.

Сжатый воздух поступает от заводской магистрали или от передвижного компрессора с часовым расходом 20 - 50 м³/ч при давлении на выходе около 6 атм. с обязательной установкой водомаслоотделителя. Снижение давления может повысить содержание углерода на кромках реза и влиять на выдувание расплава из реза. При ВДС (ВДР) осуществляются как осевая, так и боковая подача сжатого воздуха. Опыт Уралмашзавода показывает, что боковая подача выдувающего газа лучше. При концентричной подаче сжатого воздуха цилиндрические электроды очень быстро обгорают и становятся карандашеобразными. Строгач, разработанный на УЗТМ, соответствует ГОСТ 10976, рассчитан на силу тока от 300 до 1300 А.

Воздушный поток выбрасывает выплавляемый металл вперед и частично в стороны. Вдоль кромок канавки или реза может откладываться небольшое количество застывших шлаков, легко удаляемых по окончании операции.

Таблица 1. Техническая характеристика воздушно-дугового резака

№ п/п	Параметр	РВД - 1
1	Тип по ГОСТ 10796 – 74	РВДу – 500 - 1
2	Номинальный ток, А	500
3	Расход воздуха, м ³ /ч	20 ±3
4	Диаметр (сечение) электрода, мм	6 – 12
5	Длина, мм: резака	285
	кабель-шланга	5 000
6	Масса, кг резака	0.9
	кабель-шланга	3.0

Таблица 2. Род тока и его полярность для воздушно-дуговой резки (строжки) при обработке различных материалов

Наименование обрабатываемого металла	Ток	Полярность
Низкоуглеродистые, низколегированные, средне и высокоуглеродистые, легированные и т.д. стали	Как постоянный, так и переменный	Обратная
Алюминий и его сплавы, медь и ее сплавы (бронза, латунь), сплавы никеля и другие цветные металлы	постоянный	прямая
Чугун, никель	переменный	обратная

* Часть 3, части 1, 2 – Сварщик в России № 3, 4 – 2020

Для ВДП применяются угольные электроды, изготавливаемые из аморфного электротехнического угля в виде стержней круглого сечения (цилиндрические) диаметром от 6 до 12 мм (ГОСТ 10720 – 75). Омедненные угольные электроды обладают перед неомедненными рядом преимуществ. Среди них: возрастает скорость строжки (резки), снижается расход электродов, повышается чистота простроганной канавки, что уменьшает трудозатраты на зачистку поверхности после строжки (резки). В литературе упоминается использование квадратных графитизированных электродов (сечением от 4×4 до 14×14 мм²), которые имеют ряд преимуществ перед угольными электродами.

За рубежом применяют угольно-графитовые электроды. Графитовые электроды изготавливают из кристаллического углерода, они - мягкие, легко режутся, имеют более высокие электропроводность и стойкость против окисления. Они медленнее испаряются и более стойки против растрескивания.

На Уралмашзаводе практическое применение нашли пластинчатые графитизированные электроды сечением от 5×15 до 12×25 мм² по той причине, что они имеют стойкость выше, чем у угольных электродов, устойчиво сохраняют размеры и медленно расходуются. Использование графитизированных пластин позволяет повышать силу тока, они более дешевые, чем угольные, т.е. более доступны.

Длина электродов для ВДП колеблется от 250 до 300 мм.

Как видно, рекомендуемые электроды имеют сплошное сечение, т.е. без канала внутри. Электроды, применяемые в киноустановках, не годятся, т.к. они значительно короче и имеют внутри фитиль. И тот и иной факторы вызывают их значительный расход.

Работа с использованием ВДП выполняется тем же электросварщиком и на том же электросварочном оборудовании (трансформаторе, выпрямителе, генераторе), на котором производится сварка (с полого падающей или жесткой вольтамперной характеристикой), при этом используются балластные реостаты типа РБ 300 [6 - 8].

Вылет электрода из зажимов строгача обычно не превышает 150 мм, по мере обгорания его периодически выдвигают на рекомендуемую величину, иначе материал электродов будет плавиться и кипеть.

При выполнении ВДП наклон электрода выполняют в сторону, противоположную направлению его выполнения (углом вперед). Угол наклона угольного электрода (графитизированной пластины) по отношению к обрабатываемой поверхности определяется способностью сжатого воздуха удалять из зоны реза расплавленный металл. Его величина составляет:

при ВДР – $45^\circ - 60^\circ$;

при ВКС – $20^\circ - 45^\circ$.

При резке электрод перемещают сверху вниз от верхней кромки до нижней. Продукты выдуваются сквозь образующуюся полость. Максимальная толщина разрезаемой детали из низколегированной стали – 40 мм, высоколегированной – 25 мм, при большей толщине процесс идет неустойчиво. Расходные характеристики ВДП являются ориентировочными, они зависят от большого числа факторов (от скорости процесса, опыта рабочего и пр.) и составляют при силе тока до 500 А [3]: расход воздуха (м³) на 1 кг выплаваемого металла (диаметр электродов от 6 до 12 мм) – от 1 до 2.3; расход электроэнергии на 1 кг выплавленного металла от 2.5 до 2.8 квт-ч; часовой расход электроэнергии в квт-ч – от 22 до 49; расход электрода на 1 кг выплавленного металла от 0.052 до 0.07; часовой расход электрода, кг/ч – от 0.5 до 1.0.

О неправильно выбранной силе тока (завышенной) может свидетельствовать плавление медного покрытия более быстрое, чем угольный электрод.

Диаметр электрода выбирают соответственно заданной ширине канавки. Глубину канавки регулируют крутизной наклона электрода и скоростью его перемещения. При строжке в зависимости от вида применяемого электрода (имеющего вид цилиндра) получают полукруглую канавку (с ориентировочными размерами глубина 3 – 12 мм, ширина 10 – 30 мм) или U - образную канавку глубиной 1.5 – 12 мм и шириной 12 – 50 мм. Широкие канавки выплавливают, придавая концу электрода поперечные колебания или пользуясь пластинчатыми электродами. Считается, что обычная ширина канавки превышает диаметр электрода (его ширину) на 1 – 3 мм. Глубокие канавки могут выплавливать за несколько проходов.

Резак во время выполнения ВДП должен перемещаться равномерно. Электрод не должен касаться металла, т.к. это приводит к местному науглероживанию.

Качество поверхностей канавок удовлетворительное: получается чистый рез (без грата и натеков на поверхности реза), что позволяет сделать ровные края канавок, достаточно обработать их металлической щеткой. Качество поверхностей разделительной резки высоколегированных сталей может быть хуже – появляются неровности, покрытые пленкой оплавленного металла. Поэтому основным видом контроля является визуальный.

К достоинствам этого технологического процесса следует отнести его высокую эффективность (количество выплаваемого металла составляет от 20 до 30 кг/ч) и др. Для процессов ВДС и ВДР не требуется предварительный (сопутствующий, послесварочный) нагрев. При ВДП наблюдается низкий водородный показатель, поэтому прокатка сварочных материалов не требуется.

Процесс воздушно-дуговой обработки металлов является конкурентом кислородно-флюсовой резки высоколегированных сталей типа Х18Н9

(отсутствуют горючие газы и кислород, флюсы и пр.). Сила тока при работе на высоколегированных сталях больше на 100 – 150 А, скорость резки меньше на 20 – 30 %.

К недостаткам ВДП относятся:

- науглероживание кромок;
- большой расход цилиндрических электродов.

Науглероживания кромок вызывает много вопросов. С нашей точки зрения, необходимость операции механической обработки кромок надо рассматривать с точки зрения основного обрабатываемого материала. При обработке низкоуглеродистых и низколегированных сталей содержание углерода на кромках после ВДП составляет 0.25 - 0.35%, что не вызывает осложнений при сварке. При последующей сварке науглероженная зона поглощается швом без заметного ухудшения его качества.

Иное дело средне-, высокоуглеродистые и легированные стали (со значением химического эквивалента углерода свыше 0.75%). Повышение содержания углерода на поверхности реза может ухудшить пластические свойства. Для предупреждения образования хрупких структур науглероженный слой необходимо удалять.

В металлургическом производстве процесс воздушно-дуговой обработки широко применяется при отделке поверхностей отливок и поковок (удаление металлизированного пригара; облоев, наплывов заусениц, устранение дефектов и др.) (рис.).

ВДР применяются при вырезке отверстий (когда не предъявляются особые требования к поверхности).

Технологический процесс воздушно-дуговой обработки нашел свое место и в сварочном производстве для удаления корня многопроходного шва, снятия вогнутости (усиления) швов, удаления лопнувших прихваток и др. Этот процесс широко применяется в ремонтной сварке (устранение дефектов, возникших в процессе монтажа крупногабаритных конструкций или их эксплуатации; резке металла).

При выполнении этого технологического процесса необходимо принять меры по предупреждению поражением электрическим током (удары и травмы), воздействия световой радиации дуги и вредными веществами (дымами и газами). Возмож-



Рис. Применение ВДС для отделки поверхности изделия

ны тепловые ожоги, воздействие электромагнитных полей и другие опасные и вредные факторы [9 - 11]. Поэтому при выполнении ВДС или ВДР требования по охране труда и технике безопасности должны соответствовать системе стандартов труда при электросварочных работах. Персонал, выполняющий ВДС или ВДР, обеспечивается средствами индивидуальной защиты (очками, респираторами, перчатками, защитными касками и т.д.).

Для защиты окружающих от действия светового излучения и брызг расплавленного металла рабочее место должно быть ограждено переносными металлическими щитами или ширмами. При проведении этого технологического процесса внутри помещения рабочие места должны быть оборудованы общей обменной вентиляцией и местными отсосами. Не допускается выполнение воздушно-дуговой строжки или резки на рабочих местах, незащищенных от атмосферных осадков.

На месте выполнения работ должна быть аптечка.

Литература

1. Полевой Г.В., Сухинин С.Г. Газопламенная обработка материалов: учебн. - М.: ИЦ «АКАДЕМИЯ», 2005. – 333 с.
2. Соколов И.И. Газовая сварка и резка металлов: учебн., 2 изд., испр. и доп. - М.: Высшая школа, 1981. - 320 с.
3. Сварка в машиностроении в 4-х томах. Т. 4 / под ред. к.т.н. Ю.Н. Зорина/ М.: Машиностроение, 1979. - 512 с.
4. Сварка и резка в промышленном строительстве. Справочник монтажника / под ред. к.т.н. Б.Д. Мальшева / М.: Стройиздат, 1977. - 780 с.
5. Бондарь В.Х., Шкуратовский Г.Д. Справочник сварщика – строителя: 3-изд. перераб. и доп. - Киев.: «Будивельник», 1982. – 240 с.
6. Лихачев В.Л. Электросварка. Справочник.- М.: СОЛОН-Пресс, 2004.- 672 с.
7. Браткова О.Н. Источники питания: учебн.- М.: Высшая школа, 1982. - 179 с.
8. Разоренов Ю.Н. Оборудование для электрической сварки плавлением: учебн. пос. – М.: Машиностроение, 1989. - 208 с.
9. Межотраслевые правила при охране труда при производстве ацетилена, кислорода, процессе напыления и газопламенной обработке металлов. ПОТР. - М-019. – 2001. – 48 с.
10. Межотраслевые правила по охране труда при электро- и газосварочных работах в вопросах и ответах. Пособие для изучения и подготовки к проверке знаний. - М.: Издательство НЦ ЭНАС, 2005. – 67 с.
11. Пособие по безопасному проведению сварочных работ. – М.: Издательство НЦ ЭНАС, 2005. – 67 с.

Получение электрошлаковой наплавкой биметаллических армирующих элементов для упрочнения деталей горно-металлургического комплекса

Ю.М. Кусков, д-р техн. наук, **В.А. Жданов**, ИЭС им. Е.О. Патона НАНУ, **В.Н. Проскудин**, канд. техн. наук, **А.В. Нетяга**, НТК ИЭС им. Е.О. Патона НАНУ (Киев)

Электрошлаковая наплавка с использованием разработанного в ИЭС им. Е.О. Патона секционного токоподводящего кристаллизатора позволяет выполнять различные наплавочные работы, способствующие значительному повышению долговечности изнашиваемых деталей. При этом не всегда необходимо наплавлять износостойкие слои по всей поверхности деталей, достаточно упрочнить лишь локальные зоны износа. Одним из способов получения таких деталей при изготовлении или ремонте может стать приварка к изнашиваемым зонам деталей биметаллических армирующих элементов, состоящих из хорошо свариваемой стали (основа), соединенной электрошлаковым способом с высокоизносостойким наплавленным металлом. Отработана технология получения биметаллических армирующих элементов электрошлаковой наплавкой дискретным наплавочным материалом из стали и чугуна (дробь, гранулы, стружка) в токоподводящем кристаллизаторе Ø 50 - 200 мм.

Известно, что электрошлаковая наплавка (ЭШН) – это высокопроизводительный процесс, позволяющий в отличие от дуговой наплавки, качественно наплавлять высокоуглеродистые и высоколегированные стали и сплавы. Это связано как с более «мягким» термическим циклом ЭШН, так и с более равномерным распределением теплоты по сечению наплавляемой детали за счет ее прогрева теплом шлаковой ванны. Последнее снижает величину и перепад сварочных и термических напряжений во время наплавки и после ее завершения, что положительно сказывается на трещиностойкости наплавленного металла.

Длительное нахождение наплавляемой детали под влиянием теплового воздействия шлаковой ванны в области высоких температур имеет и отрицательное значение – наблюдается рост зерна как наплавленного металла, так и основного, приводящий к снижению механических свойств (особенно в зоне термического влияния), в частности, ударной вязкости. Тем не менее, как показал, например, опыт эксплуатации стальных и чугунных прокатных валков, наплавленных слоем чугуна или высоколегированной стали, не подвергавшихся после наплавки специальной термической обработке, такой рабочий инструмент обладает не только повышенными износостойкими, но и механическими свой-

ствами, обеспечивающими длительную работу станов без каких-либо их остановок из-за механических повреждений и выхода из строя валков, подвергаемых сложному и разнообразному воздействию: кручению, изгибу, растяжению и сжатию.

Таким образом, электрошлаковой наплавкой можно получать (без дополнительной термообработки) упрочняющие биметаллические элементы, которыми можно, по-видимому, футеровать наиболее изнашиваемые зоны деталей или узлов оборудования, работающего не только в условиях трения скольжения, но и в более жестких условиях, включая ударные нагрузки.

Одним из перспективных направлений ЭШН с использованием формирующих устройств (кристаллизаторов) является наплавка в так называемом секционном токоподводящем кристаллизаторе (ТПК), содержащем в себе три технологические особенности:

- он способен длительное время самостоятельно поддерживать электрошлаковый процесс;
- обеспечивает формирование наплавленного металла в соответствии с его формообразующей рабочей поверхностью;
- позволяет оказывать влияние на тепло-массо-перенос наплавляемого металла за счет происходящего во время наплавки вращения шлаковой ванны, определяемого самой конструкцией кристаллизатора, без какого-либо дополнительного механического или электромагнитного воздействия.

Внешний вид такого кристаллизатора с формирующей секцией Ø 85 мм показан на *рис. 1*.

Процесс получения электрошлаковой наплавкой биметаллических упрочняющих элементов относительно прост. В качестве основного металла выбирается сталь, обладающая хорошей свариваемостью, в частности низкоуглеродистая (стали Ст3, стали 20 и т.п.), либо высоколегированная (14ХГС, 10ХСНД и т.п.). Толщина заготовки не должна превышать 10–15 мм, достаточной для обеспечения ее приварки к зоне, подлежащей армированию. Диаметр заготовки должен соответствовать размеру (диаметру) формирующей секции кристаллизатора с учетом определенных припусков.

Толщина наплавляемого на заготовку слоя определяется исходя из условий эксплуатации ар-



Рис. 1. Токоподводящий кристаллизатор Ø 85 мм



Рис. 2. Процесс электрошлаковой наплавки дискретным материалом в токоподводящем кристаллизаторе

мируемых участков и с учетом соблюдения правил эксплуатации как упрочняемого участка, так и всего изделия. Кроме того, при стационарном положении ТПК толщина слоя зависит от высоты формирующей секции кристаллизатора и обеспечения определенных технологических параметров, сохраняющих стабильность электрошлакового процесса.

Начало процесса наплавки может осуществляться по двум технологическим схемам. При «твердом» старте наведение шлаковой ванны выполняется с использованием нерасходуемого электрода (или насадки), чаще всего графитированного непосредственно на плоскости наплавляемой заготовки, с последующим его удалением из рабочей зоны кристаллизатора после формирования шлаковой ванны необходимого объема. При «жидком» старте шлаковая ванна этого объема заливается из отдельного тигля, в котором рабочий флюс также с помощью нерасходуемого электрода превращается в расплавленный шлак. По первой схеме шлаковая ванна постепенно наращивает свой объем до момента начала работы ТПК, по второй – кристаллизатор начинает работать сразу же после заливки в него расплавленного шлака.

После начала работы ТПК в течение определенного времени следует прогрев теплом шлаковой

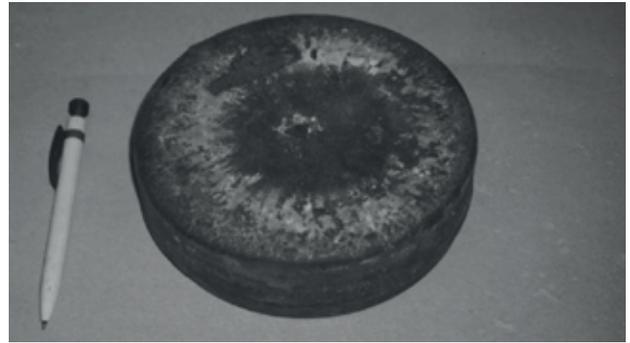


Рис. 3. Биметаллическая заготовка, полученная ЭШН в ТПК Ø 180 мм

ванны поверхности заготовки и ее подготовка к соединению с наплавляемым металлом.

Ввод переплавляемого материала в шлаковую ванну может осуществляться либо с помощью различного типа подающих механизмов, либо дозаторов.

Имея свободное от каких-либо электродов зеркало шлаковой ванны, в нее легко вводить переплавляемые материалы любого вида: компактные (электроды и заготовки большого сечения различных размеров и форм, проволоки и ленты – цельнотянутые или порошковые), дискретные (гранулы, порошки, дробь, сечка и т.п.) и жидкие. Предпочтительно использовать дискретные материалы, применение которых позволяет получить, помимо металлургических преимуществ (ускоренное плавление присадки), также и изменение характера кристаллизации наплавленного металла с формированием мелкозернистой структуры, определяемой инокулирующим воздействием недоплавленных частиц определенного размера. Последнее также улучшает механические свойства такого металла по сравнению с электрошлаковым металлом, полученным плавлением компактных материалов, и тем более в сравнении с металлом, выплавленным по обычным литейным технологиям.

Следует отметить и еще два положительных качества, присущих металлу, наплавленному с использованием дискретной присадки. Это возможность получения композиционного наплавленного металла с матрицей и упрочнителем одного химического состава за счет регулирования размеров присадки, ее массовой скорости подачи в шлаковую ванну, а также электрических режимов наплавки; либо упрочнителем могут стать различного типа твердые частицы (зерна релита, карбиды, оксиды и т.п.). Технологию можно также рассматривать как экологически ориентированную в случае использования в качестве наплавочных материалов малофракционных отходов различных производств, например, шламов, стружки и т.п.

На рис. 2 показан процесс электрошлаковой наплавки с использованием дискретной присадки, а на рис. 3 – биметаллическая заготовка (сталь Ст3 + высокохромистый чугун), полученная ЭШН в ТПК с диаметром формирующей секции 180 мм.

●#1275

Газокислородный резак Р1Ш-Сп для работы в труднодоступных местах

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

Для кислородной резки листового и сортового металлопроката толщиной до 100 мм используются стандартные резаки Р1, работающие как на ацетилене, так и на газах-заменителях. Однако, существует обширный перечень работ, где использовать эти резаки затруднительно. Конкретные примеры приведены ниже.

При демонтаже отслуживших свой срок металлоконструкций шляпки заклепок и головки болтов срезают кислородными резаками, т.к. удаление их другими способами затруднительно. Резаком Р1 в силу особенностей его конструкции качественно выполнить эту работу невозможно. После кислородной резки шляпок или головок остается значительная их часть на заклепках и болтах, что не позволяет разъединить части металлоконструкций, или получают зарезы и выхваты на теле металлоконструкций, что снижает их прочность и товарный вид. Другой пример: при многослойной сварке в разделку различной конфигурации сначала формируют корень шва, который обязательно подвергают контролю, выявленные дефекты удаляют и подготовленное место повторно заваривают. Удаление дефектов корня шва стандартными резаками Р1 затруднительно из-за больших размеров мундштука и неудобного для данного вида работ угла между головкой и стволом резака (90°). Нужен резак специального назначения.

Газокислородный инжекторный резак Р1Ш-Сп расширяет технологические возможности ручных резаков для кислородной резки заготовок толщиной до 100 мм и предназначен для ручной разделительной резки заготовок из углеродистых и низколегированных сталей в труднодоступных местах.

Резак работает как на природном газе, так и на пропан-бутановых смесях.

Технические характеристики резака Р1Ш-Сп представлены в табл. 1.

Регулировка давлений рабочих газов в цехах с централизованным газоснабжением осуществляется редукторами газораздаточных постов, при отборе рабочих газов из баллонов – редукторами, установленными на баллонах. Наружный мундштук резака по форме и размерам выбран таким же, как и мундштук сварочных горелок. Это позволяет удалять выступы на поверхностях металлоконструкций заподлицо без повреждения этих поверхностей. Форма и размеры мундштука позволяют вводить его глубоко в разделку сварочного шва и качественно удалять дефекты в корне шва и в др. местах.

Продольная ось внутреннего мундштука расположена к оси ствола под углом 45°, а не 90° как у резака Р1 – это удобнее при выполнении специальных операций, описанных выше.

При выполнении специальных операций имеют место зашлакованные или грязные, покрытые краской, поверхности, по которым необходимо производить кислородную резку. Поэтому используется более мощное, чем у резаков Р1, пламя, однако пятно нагрева в виде сплошного круга меньше, а температура факела внутри этого круга выше. Это позволяет выжигать краску и другую грязь на поверхности по линии реза быстро, локально и аккуратно.

Пространство между внутренним и наружным мундштуками, через которые горючая смесь попадает в зону горения, разбито на 3 разгонных участка, причем первые 2 участка образованы цилиндрической поверхностью отверстия наружного мундштука и шлицевой наружной поверхностью внутреннего мундштука, а 3-й выходной участок имеет

Таблица 1. Технические характеристики резака Р1Ш-Сп

Толщина разрезаемого металла, мм		3-10	10-30	30-50	50-100
Мундштук внутренний, №		0	1	2	3
Мундштук наружный, №		1			
Давление на входе, не более, МПа	кислорода	0,8			
	горючего газа	0,02-0,08			
Расход, не более, м³/час	кислорода	1,9	3,2	4,7	7,6
	природного газа	0,75	0,9	1,1	1,3
	пропан-бутана	0,43	0,53	0,65	0,77
Присоединительная резьба на штуцерах	для кислорода	M16 x 1,5			
	для горючего газа	M16 x 1,5LH			

форму кольцевой щели. Площадь поперечного сечения 3-го кольцевого выходного разгонного участка меньше площади поперечного сечения 2-го шлицевого разгонного участка, которая, в свою очередь, меньше площади поперечного сечения 1-го шлицевого разгонного участка.

Горючая смесь разгоняется на 2-х шлицевых участках и, проскакивая радиальную кольцевую щель, попадает в осевой кольцевой выходной канал 3-го участка, где разбивается на 2 потока: основной высокоскоростной и высокотемпературный, горящий на расстоянии от торца мундштука, и дополнительный с низкой скоростью, привязывающий основной факел к торцу мундштука. В результате достигается высокая концентрация и температура основного факела, надежная его привязка к торцу мундштука и уменьшается вероятность перегрева мундштуков резака собственным факелом. Относительная скорость между потоками основного факела и режущей струей значительно уменьшается, при этом тормозящее действие факела на режущую струю также уменьшается, а режущая способность кислородной струи увеличивается. Справедливость этих выводов доказали сравнительные испытания, проведенные в отделе Главного сварщика НКМЗ [1].

Сравнительные испытания резаков Р1 и Р1Ш-Сп показали, что при одинаковом давлении кислорода на редукторе, равном 0,8 МПа, и диаметре канала режущей струи, равном 1,0 мм, т.е. при одних и тех же расходах режущего кислорода максимально разрезаемая резаком Р1 толщина заготовки составила 55 мм, а резаком Р1Ш-Сп – 95 мм, т.е. выросла в 1,73 раза.

Конструкция газокислородного резака специального назначения Р1Ш-Сп защищена патентом Украины [2]. Организован серийный выпуск этих резаков на ООО «НИИПТмаш – Опытный завод».

Ствол резака Р1Ш-Сп аналогичен стволу резака Р1, ниппельное соединение комплектуется под рукава Ду8 или Ду9 по желанию заказчика.

Газокислородный резак специального назначения Р1Ш-Сп состоит из 3-х основных узлов: наконечник 1, ствол 2 и ниппельное соединение 3 (рис. 1).

В наконечнике образуют горючую смесь, формируют факел подогревающего пламени и режущую струю кислорода.

Ствол предназначен для включения (выключения) рабочих газов и регулирования их расходов.

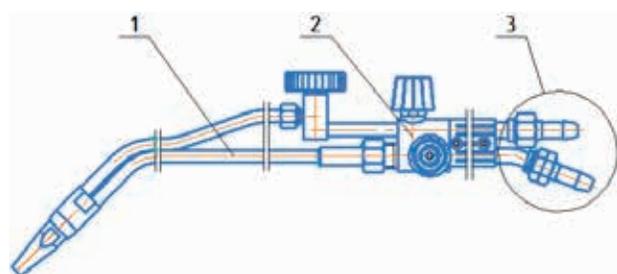


Рис. 1. Газокислородный резак Р1Ш-Сп

На стволе предусмотрена рукоятка резака и штуцера для подключения ниппельного соединения.

Ниппельное соединение служит для подключения резака к системе газоснабжения с помощью резиноканевых рукавов.

Подробно устройство основных узлов резака Р1Ш-Сп рассмотрено ниже вместе с чертежами узлов и деталей, входящих в состав этих узлов.

Наконечник резака Р1Ш-Сп (рис. 2) состоит из головки в сборе 1, к которой припаяны трубки для подвода горючей смеси 7 и режущего кислорода 8.

С противоположной стороны трубка для подвода режущего кислорода развальцована и на ней расположена накидная гайка 2 для крепления наконечника к стволу.

С другой стороны к трубке для подвода горючей смеси припаяна смесительная камера 3, в которую ввернут по резьбе инжектор 4.

Смесительная камера имеет 2 кольцевые проточки: для упорного кольца 6 и уплотнительного кольца 9. Упорное кольцо 6 удерживает на наконечнике накидную гайку 5, предназначенную вместе с накидной гайкой 2 для крепления наконечника к стволу.

Главным узлом наконечника резака Р1Ш-Сп является головка в сборе (рис. 3), которая состоит из корпуса 1, в который коаксиально вкручены мундштуки внутренний 2 и наружный 3.

На чертеже головки в сборе представлены поперечные сечения 3-х разгонных участков – 1-го кольцевого (площадь поперечного сечения F_1), располо-

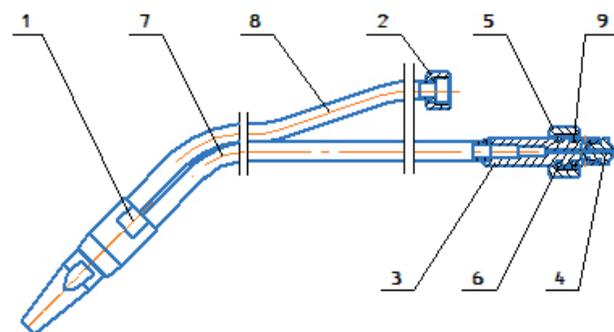


Рис. 2. Наконечник резака Р1Ш-Сп

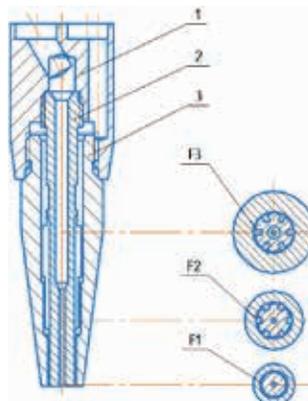


Рис. 3. Головка в сборе резака Р1Ш-Сп

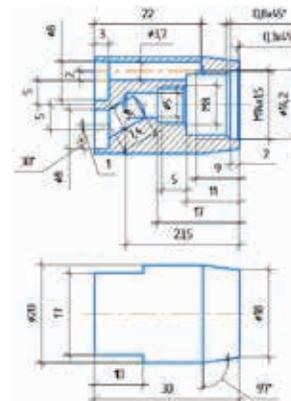


Рис. 4. Корпус резака Р1Ш-Сп

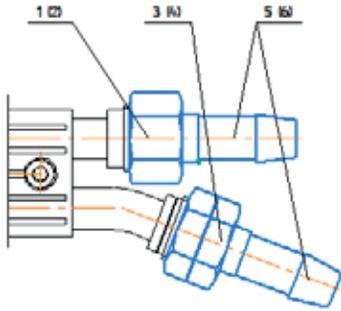


Рис. 10. Ниппельное соединение

этого вентиля предусмотрен фиксатор 20. Их взаимное расположение не дает проворачиваться барашку больше, чем на один оборот.

Трубки для подвода к вентилям кислорода 12 и горючего газа 13 прикрыты 2-мя накладками рукоятки 23, соединенными между собой 2-мя винтами М4 с гайками. Для увеличения жесткости рукоятки предусмотрен шуруп.

Ниппельное соединение (рис. 10) служит для подключения резака Р1Ш-Сп к источникам газов – энергоносителей посредством резиноканевых рукавов. Если заказчик использует рукава Дуб, резак комплектуется ниппельным соединением с накидными гайками – для кислорода 1 (М12х1,25) и горючего газа 3 (М12х1,25 LH), и 2-мя ниппелями 5 Дуб. Если заказчик использует резиноканевые рукава Ду9, ниппельное соединение – с накидными гайками – для кислорода 2 (М16х1,5) и горючего газа 4 (М16х1,5 LH), и 2-х ниппелей 6 Ду9.

Внешний вид газокислородного резака для работы в труднодоступных местах Р1Ш-Сп представлен на рис. 11.



Рис. 11. Газокислородный резак Р1Ш-Сп



Рис. 12. Испытание резака Р1Ш-Сп на режущие свойства. Толщина заготовки – 80 мм. Материал – Сталь 20. Врезание



Рис. 13. Испытание резака Р1Ш-Сп на режущие свойства. Толщина заготовки – 80 мм. Материал – Сталь 20. Процесс резки



Рис. 14. Испытание резака Р1Ш-Сп на режущие свойства. Толщина заготовки – 80 мм. Материал – Сталь 20. Поверхность реза

Испытания резака на режущие свойства показаны на рис. 12–14. Параметры резака, используемые при испытаниях, размещены на поле фотографий.

О процессе резки стальной заготовки толщиной 100 мм с помощью внутреннего мундштука № 2 (диаметр отверстия для режущего кислорода 1 мм) можно судить по рис. 15.

Процесс вырезки дефектов в корне сварного шва на металлоконструкции коробчатого сечения резаком Р1Ш-Сп показан на рис. 16, 17.



Рис. 15. Процесс резки образца толщиной 100 мм резаком Р1Ш-Сп



Рис. 16. Вырезка дефектов в корне сварного шва на металлоконструкции коробчатого сечения

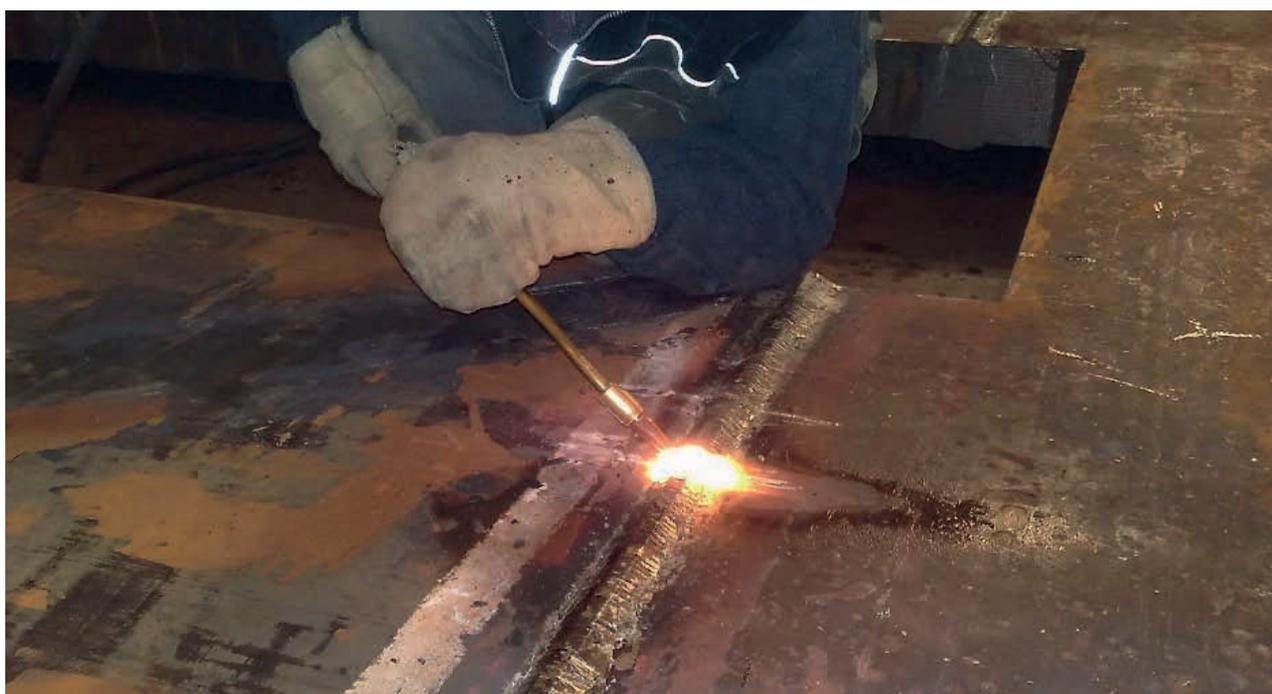


Рис. 17. Ремонт разделки под сварной шов на металлоконструкции коробчатого сечения



Рис. 18. Ремонт железнодорожного вагона с помощью резака Р1Ш-Сп. Срезка заклепок

Ремонт железнодорожного вагона с помощью резака Р1Ш-Сп, заключающийся в удалении заклепок, головок болтов и гаек, а также поврежденных участков металлоконструкций представлен на *рис. 18*.

Литература

1. Литвинов В. М., Лысенко Ю. Н. Кислородная резка и внепечной нагрев в тяжелом машиностроении. / Киев: НТК «ИЭС им. Е.О. Патона» НАНУ, 2017. – 368 с.

2. Патент 29654 UA, МПК В 23 К 7/00. Газокислородный резаки./ Ю.Н. Лысенко, В.М. Литвинов, С.А. Чумак, Е.К. Цвентух, С.Л. Василенко, О.И. Коровченко, С.Г. Красильников. - № u200709167; заявл. 10.08.2007; опубл. 25.01.2008, Бюл. № 2.

●#1276

Опыт работ ДП «ГСИ-Укрнефтегазстрой» по сварке, склеиванию и ламинированию труб из неметаллических материалов

И.В. Щудлак, директор, **В.Г. Левицкий**, главный сварщик, ДП «ГСИ-Укрнефтегазстрой» (Одесса)

Использование неметаллических материалов в промышленности и, в частности, нефтехимической отрасли обусловлено высокой коррозионной стойкостью при транспортировке агрессивных, щелочно-кислотных материалов и долговечностью (срок службы труб из пластмасс в 2–5 раза выше по сравнению с металлическими материалами до 50 лет эксплуатации), а также:

- низкой стоимостью;
- легкостью и удобством монтажа;
- гигиеничностью (внутри трубопровода не образуются отложения, ржавчина, не появляются микроорганизмы, сохраняется пропускная способность);
- эстетичностью – не требуется наружная покраска;
- низкой теплопроводимостью и звукопроводимостью – не требуется дополнительная теплоизоляция трубопроводов.

При строительстве цеха хлора и каустика (ХиКс) на ООО «Карпатнефтехим» в г. Калуш,

Ивано-Франковская обл., по проекту фирмы «UHDE» (Германия), (рис. 1) было применено, в зависимости от агрессивности транспортируемых материалов, шесть марок полимерных материалов: полипропилен ПП (PP); полиэтилен ПЭ PE); поливинилхлорид ПВХ (PVC); фторопласт ПВДФ (PVDF), поставляемых фирмой «UHDE».

Особенностью использования труб из стеклопластика и пластмасс, в данном проекте, являлось то, что наружная поверхность труб покрыта ламинирующим слоем толщиной 3,0–6,0 мм, в зависимости от диаметра и толщины стенки труб (рис. 2). Перед выполнением стыковой сварки труб между собой и для врезки труб в емкости, ламинирующий слой труб на длине 4-х диаметров трубы необходимо было механическим способом очистить от ламината.

Для неразъемного соединения технологических трубопроводов и обвязке емкостей из неметаллических материалов при строительстве цеха по произ-



Рис. 1. Начало и окончание строительства



Рис. 2. Полиэтиленовые трубы ламинированные (а), стеклопластиковые трубы (б)



Рис. 3. Цех хлора, каустика и извести



Рис. 4. Трубопроводы и емкости

водству хлора, извести и каустика на ООО «Карпатнефтехим» (рис. 3), предприятие ДП «ГСИ-Укрнефтегазстрой» столкнулось с проблемой обучения и аттестацией более 60-ти сварщиков-ламинировщиков. Учитывая сжатые сроки выполнения графика работ в целом по контракту и использования весенне-осеннего периода проведения сварочно-ламинировочных работ, было принято решение – обучить (из числа работников предприятия Укрнефтегазстрой) и аттестовать в фирме «UHDE» 60 человек сварщиков (способных работать на высоте до 30 м) из числа рабочих – монтажников предприятия.

Обучение проводилось на территории ООО «Карпатнефтехим» в г. Калуш преподавателями Львовского ПТУ.

Технологическим процессом сварки и последующей операцией ламинирования стыков, запрещаются работы при температурах ниже + 5 °С, т.к. эпоксидные смолы при низких температурах теряют свои свойства. Для выполнения работ в зимнее время, предприятие организовало круглосуточное отопление с помощью мощных электрических калориферов, обеспечив температурой в помещениях до + 10 °С.

Ламинация стыка трубопровода после сварки (склеивания стеклопластиковых труб) заключается в наложении на стыковое соединение шириной 2–4 диаметра трубы «бандажа» – усиливающего слоя, состоящего из 3-х – 6-ти слоев стеклотка-

ни и эпоксидной смолы. В каждом слое и в каждом «бандаже» исключено попадание инородных элементов (пузырьков воздуха, металлических и неметаллических включений, межваликовых отслоений и др. дефектов). Ремонт стыка после ламинации – не допускается. Требуется вырезка стыка и установка «катушки».

Всего в процессе монтажа и обвязки емкостей общее количество собранных, смонтированных и ламинированных монтажных стыков составило более 15000 шт. (рис. 4). Стыковая сварка и врезки осуществлялись следующими способами сварки: горячим воздухом, с использованием ручных аппаратов горячего воздуха (термофены LEISTER TRIAC S) с присадочными материалами (сварочные прутки), имеющими тот же химический состав и тот же показатель текучести расплава, что и материал свариваемых труб.

Стыковая сварка пластиковых труб выполнялась переносными механическими сварочными аппаратами с помощью нагревательного элемента с электронной регулировкой РОВЕЛД Р250 фирмы Ротенбергер (Германия) при диаметрах стыкуемых труб – 40–250 мм.

Все стыки были предъявлены специалистам фирмы «UHDE» и эксплуатируются до сих пор без ремонта.

●#1277



Если у Вас возникли вопросы по технологии сварки, организации рабочих мест сварщиков, правильному выбору сварочных материалов и оборудования, Вы можете отправить письмо в редакцию журнала по адресу: 03150, Киев, а/я 337 или e-mail: demuv@ukr.net, позвонить по тел. +38(044) 205 26 07, м. (050) 331 56 65. На Ваши вопросы ответит кандидат технических наук, Международный инженер-сварщик (IWE) Юрий Владимирович ДЕМЧЕНКО.

**Расскажите, пожалуйста, что представляет собой MIG-пайка и где она применяется.
Петренко В. И. (Белгород)**

MIG-пайка полуавтоматом высокотехнологичный процесс, имеющий свои особенности. Основной принцип MIG пайки-сварки заключается в том, что металлическая проволока, с температурой плавления до 1000 °С, в ходе процесса подается с помощью сварочной горелки и расплавляется под воздействием электрической дуги. Как правило, для MIG-пайки в качестве защитного газа используется аргон с небольшими добавками кислорода и углекислоты. Защитный газ, подаваемый в зону сварки, защищает дугу и сварочную ванну с расплавленным металлом.

В качестве электрода используется специальная сварочная проволока из бронзы с содержанием алюминия или кремния. Например, CuSi₃, или более качественный аналог ESAB OK Autrod 19.12, 19.30, 19.40. В процессе MIG-пайки, основной металл не плавится, поэтому цинк испаряется в гораздо меньшей степени. Это происходит за счет того, что температура плавления бронзовой проволоки намного меньше, чем у стали, и поэтому свариваемые детали не расплавляются. Кроме того, из-за низкого тепловложения снижается риск деформации, даже при MIG-пайке очень тонких листов (от 0,3 мм). Данный процесс являясь пайкой, обеспечивает скорость работы и прочность соединений как при сварке.

В связи с тем, что при пайке полуавтоматом тонкий металл не проплавляется, можно спаять листы стали с покрытием (фосфатированным, гальванизированным, алюминированным) и без покрытия, листы из двухслойной стали и нержавеющей.

Образовавшийся шов является прочным, такое паяное соединение имеет более высокую механическую прочность, если сравнивать со швом, полученным MIG сваркой.

Показатели прочности сварного соединения:

- MIG-сварка: 320,9 Н/мм²: стандартная проволока SG2 (Св-08Г2С) Ø 0,8 мм, газ ArCO₂-82/18;
- MIG-пайка: 309,5 Н/мм²: заполняющий материал CuSi₃ Ø 1,0 мм, импульсная дуга, газ Ar.

Радиографический контроль соединений оцинкованного металла, выполненных MIG-сваркой, показывает очень большое количество пор при использовании проволоки SG2 (Св-08Г2С), что является следствием сильного испарения цинка. При исполь-

зовании проволоки CuSi₃ поры практически отсутствуют благодаря малой энергии нагрева и, как следствие, минимального испарения цинка в ходе пайки.

Степень термической деформации деталей в ходе процесса пайки существенно ниже, чем при сварке, поэтому на готовом изделии меньше заметно коробление. Шов практически не подвержен коррозии, т.к. цинковый слой оказывается целым даже в месте сварного шва. Еще одним достоинством такой технологии является способность к хорошему перекрытию зазора.

Паять рекомендуется в «точечном», импульсном режиме или методом «углом назад», при котором сварщик ведет электрод слева направо. В обоих случаях необходимо соблюдать «короткую» дугу.

Если говорить о разнице технологий сварки и пайки, то в случае сварки разрушенное цинковое покрытие образует шлак с расплавленным металлом шва, а также различные дефекты – раковины и поры. Это говорит о пониженном качестве шва и отсутствии цинкового покрытия в месте сварки. Детали из таких сварных соединений приходится повторно отправлять на гальваническую операцию с целью восстановления антикоррозионного покрытия. Открытие метода MIG-пайки позволяет избежать таких проблем.

Метод MIG-пайки отличается от метода полуавтоматической сварки в среде защитных газов еще и видом применяемой проволоки. Для MIG-пайки используют медную проволоку CuSi₃. Из-за небольшой температуры плавления, как говорилось выше, основной металл не плавится. Цинковое покрытие в итоге образует на ее поверхности химическое соединение, защищающее сварочный шов от коррозионных процессов.

Прежде чем начать работу, важно корректно настроить сварочный полуавтомат:

1. Определить силу сварочного тока в зависимости от толщины паяемого металла. В случае недостаточного сварочного тока процесс MIG-пайки будет неустойчив.

2. Определить требуемую скорость подачи сварочной проволоки, поскольку она напрямую влияет на скорость наложения паяемого шва. Сегодня имеются модели полуавтоматов, оснащенные специальными коробками скоростей.

3. Настроить источник тока на нужные вам параметры (напряжение и силу тока). Проверьте ваши настройки на каком-либо образце. Основанием корректности ваших настроек будет устойчивая сварочная дуга, нормальное формирование валика. Затем можно перейти к пайке основного материала.



Общий вид паяных соединений, выполненных с использованием MIG-пайки

4. Важным моментом является и регулировка расхода защитного газа. Расход газа (величину его можно увидеть на манометре по шкале расхода) должен равняться 8–10 л в мин. Это оптимальный показатель при пайке металла толщиной 0,8 мм. Поэтому, исходя из вашей задачи, нужно скорректировать величину расхода газа

Данная технология пайки имеет широкий спектр применения в различных областях.

1. Автосервис и автомобилестроение. MIG-пайка используется и в ремонте автокузовов, поскольку цинковое покрытие стальных листов при этом не повреждается. В крупносерийном производстве автомобилей этот метод применяют как в установках с ручным управлением, так и в полностью автоматизированных системах.



Рабочие моменты при подборе режима MIG-пайки

2. Кроме того, к пайке сварочным полуавтоматом прибегают для различных целей малые и средние промышленные предприятия, осуществляя:

- монтаж систем кондиционирования, вентиляции и охлаждения,
- выпуск легких металлоконструкций, элементов фасадов и кровли, труб, корпусов электроагрегатов, дымоходов.

MIG-пайку можно выполнять во всех пространственных положениях шва. Швы в вертикальном и потолочном положении получаются одинаково безупречными при должном умении обращения со сварочной горелкой. Благодаря незначительному тепловложению этот метод эффективен как при соединении листов из нелегированных сталей и оцинкованных листов, так и листов из высоколегированных сталей.

- Производя MIG-пайку оцинкованных деталей, наиболее часто пользуются проволокой SG-CuSi₃. Её достоинство заключается в незначительной твердости паяного шва, что позволяет без труда осуществлять механическую обработку. За счет присутствия в составе проволоки 3 % кремния существенно повышается жидкотекучесть наплавляемого материала.
- Медная проволока состава SG-CuSi₂Mn также применяется для пайки оцинкованных деталей, но наплавленный материал довольно жёсткий, поэтому последующая механическая обработка усложняется.
- Сварочные проволоки SG-CuAL18Ni₂ и SG-CuAL18 используют, если необходимо спаять сталь с покрытием из алюминия.

Сварочные проволоки для MIG-пайки более мягкие по сравнению со стальными, поэтому механизм подачи проволоки должен быть четырех-роликowym, оснащенным гладкими полукруглыми канавками. Для уменьшения трения в шланговом механизме горелки нужно применять тефлоновый направляющий канал и массивные токоёмники.

На рынке сварочного оборудования имеется большой ассортимент оборудования, используемого для MIG-пайки с уже заложённой функцией полуавтоматической пайки. Чаще всего, такие инверторные аппараты отличаются упрощённым способом настройки, который подходит для неопытных сварщиков и углубленным – для профессионалов. Например: MinarcMig Evo 200, Kempact 253A, Kempact 323A, EWM Phoenix 351 Puls и Alpha Q 330.

Вам достаточно лишь выбрать устройство, отвечающее вашим требованиям и задачам.

Ответ подготовлен с использованием справочных материалов

●#1278

Сравнительный анализ производственных стандартов по нормированию ультрафиолетового излучения, действующих в Украине, РФ и других странах

О.Н. Гончарова, канд. техн. наук, А.Т. Малахов, ИЭС им. Е.О. Патона НАНУ (Киев)

Повышенный уровень ультрафиолетового излучения (УФИ) является одним из основных вредных и опасных производственных факторов воздействия на рабочий персонал при выполнении работ, связанных с электродуговой сваркой, резкой и наплавкой металлов. Поэтому вопросам нормирования воздействия УФИ при сварке уделяется повышенное внимание с целью обеспечения безопасных условий труда сварщиков и вспомогательного персонала, а также для создания эффективных средств и методов защиты.

Специфическими чертами УФ излучения при электродуговой сварке являются его высокая интенсивность и относительно большая спектральная доля жёсткого УФ-С излучения с длиной волны 200–280 нм, обладающего сильным вредным воздействием на органы зрения и кожные покровы человека. Уместно отметить, что в спектре солнечного излучения на земной поверхности УФ-С лучи практически отсутствуют, поскольку интенсивно поглощаются в атмосфере (в основном – в верхнем озоновом слое).

Отметим, что рассмотренные ниже нормативные документы разработаны не только для сферы сварочного производства. Они охватывают и другие области производства, в которых возможно воздействие УФИ на персонал.

1. В **Украине** воздействие УФИ регламентируется санитарными нормами (СН 4557–88. «Санитарные нормы ультрафиолетового излучения в производственных помещениях»), введёнными в СССР в 1988 г. Эти нормы были отменены в 2014 г (в соответствии до Розпорядження Кабінету Міністрів України № 1163-р від 26.11.2014 р.) наряду с другими стандартами Советского Союза, разработанными до 1992 г. Поскольку на тот момент времени не был разработан национальный стандарт, заменяющий СН 4557–88, и он не разработан до сих пор, соответствующими органами государственного регулирования (Мінекономрозвитку, ДП «УкрНДНЦ») действие СН 4557–88 неоднократно продлевалось и на данный момент времени продлено до 01.01.2022 г. В 2022 г. возможны различные варианты введения новых нор-

мативов, но не исключается и продление срока действия СН 4557–88.

Остановимся кратко на основных нормативных положениях, приведённых в СН 4557–88, и проанализируем их:

1.1. Настоящие нормы устанавливают допустимые величины ультрафиолетового излучения на постоянных и непостоянных рабочих местах (облучённость) от производственных источников с учётом спектрального состава излучения для областей:

- длинноволновой – 400–315 нм – УФ-А,
- средневолновой – 315–280 нм – УФ-В,
- коротковолновой – 280–200 нм – УФ-С,

и содержат требования к методам контроля и оценки.

1.2. Нормативы распространяются на излучение, создаваемое источниками, имеющими температуру выше 2000 °С (электрические дуги, плазма, расплавленный металл, кварцевое стекло и т.п.), люминесцентными источниками, используемыми в полиграфии, химическом и деревообрабатывающем производстве, сельском хозяйстве, при кино- и телестемках, дефектоскопии и других отраслях производства, а также в здравоохранении.

1.3. Нормативы не распространяются на ультрафиолетовое излучение, генерируемое лазерами, используемое для обеззараживания сред при отсутствии обслуживающего персонала, а также применяемое в лечебных и профилактических целях.

1.4. Нормативы интенсивности излучения установлены с учётом продолжительности воздействия на работающих, обязательного ношения спецодежды, защищающей от излучения, головных уборов и использования средств защиты глаз (ГОСТ ССБТ 12.4.080–79 «Светофильтры стеклянные для защиты глаз от вредных излучений на производстве»).

В п. 1.2 косвенно указано, что эти нормативы распространяются и на область сварки и родственных технологий (электрические дуги, плазма, расплавленный металл).

2.1.1. Допустимая интенсивность облучения работающих при наличии незащищённых участков поверхности кожи не более 0,2 м² и периода облучения до 5 мин., длительности пауз между ними не менее

30 мин. и общей продолжительности воздействия за смену до 60 мин. не должна превышать:

- 50,0 Вт/м² – для области УФ-А,
- 0,05 Вт/м² – для области УФ-В,
- 0,001 Вт/м² – для области УФ-С.

2.1.2. Допустимая интенсивность ультрафиолетового облучения работающих при наличии незащищенных участков поверхности кожи не более 0,2 м² (лицо, шея, кисти рук и др.), общей продолжительности воздействия излучения 50 % рабочей смены и длительности однократного облучения свыше 5 мин. и более не должна превышать:

- 10,0 Вт/м² – для области УФ-А,
- 0,01 Вт/м² – для области УФ-В.

Излучение в области УФ-С при указанной продолжительности не допускается.

2.2. При использовании специальной одежды и средств защиты лица и рук, не пропускающих излучение (спилк, кожа, ткани с пленочным покрытием и т.п.), допустимая интенсивность облучения в области УФ-В + УФ-С (200–315 нм) не должна превышать 1 Вт/м².

2.3. В случае превышения допустимых интенсивностей облучения, приведенных в разд. 2 должны быть предусмотрены мероприятия по уменьшению интенсивности излучения источника или защите рабочего места от облучения (экранирование), а также по дополнительной защите кожных покровов работающих.

Отметим, что для сварщиков, находящихся в непосредственной близости от места сварки, обычно актуальны ограничения и предписания по п. 2.2 и 2.3. Остальные ограничения актуальны для вспомогательного и иного персонала, находящегося на значительных расстояниях от места (или мест) сварки без специальной одежды и средств защиты лица и рук.

Часто у специалистов по охране труда возникает вопрос: «Что делать, если на рабочем месте сварщика измерена интенсивность УФ-С излучения выше 1 Вт/м²?». В принципе, ответ дан в п. 2.3. Правда, здесь четко и конкретно не указано, например, в какой мере должны быть осуществлены мероприятия по «дополнительной защите кожных покровов работающих».

3.3. Для измерения интенсивности излучения следует использовать приборы типа спектрорадиометров с известной спектральной чувствительностью. Погрешность измерений не должна превышать 10 %.

Здесь нужно заметить, что для измерения УФ-С при сварке пригодны не все приборы, предназначенные для измерения интенсивности УФ излучения, генерируемого различными источниками. Поток излучения при сварке не стабилен во времени – происходят быстрые колебания даже при неизменных заданных параметрах, определяющих сварочный процесс (сила сварочного тока, длина дуги, скорость сварки и др.). В этом случае необходимо определять среднюю величину интенсивности излучения, что доволь-

но трудно сделать на выпускаемых приборах с цифровой индикацией. Большинство приборов снабжено функцией удержания максимума показаний, но это не позволяет определить среднюю величину. Среди выпускаемых приборов определить среднюю величину интенсивности УФ-С при сварке можно на радиометрах-дозиметрах Аргус-06/1 (пр-во Россия) и Тензор-53, Тензор-71 (пр-во Украина, Черновцы).

2. В **России** ранее тоже действовали санитарные нормы СН 4557–88. С начала 2017 г. они были заменены без всяких изменений, только введены не в виде отдельного нормативного документа, а вошли в виде раздела «IX. Ультрафиолетовое излучение» в общий документ – санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.2.4.3359–16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах».

В **Белоруссии** ранее действовавшие санитарные нормы СН 4557–88 с 1 марта 2006 г. заменены нормативным документом «Санитарные нормы ультрафиолетового излучения производственных источников» № 2.2.4.13–45–2005. Эти новые нормы базируются на основе СН 4557–88, поэтому многие положения вошли в этот документ без изменений или с незначительными изменениями и уточнениями. Затем с 10.01.2013 г. введён новый нормативный документ – СанПиН от 14.12.2012 № 198 «Требования к обеспечению безопасности и безвредности воздействия на работников производственных источников ультрафиолетового излучения». Он заменяет СН № 2.2.4.13–45–2005, но несущественно отличается по содержанию. Например, Глава 5 (Нормативные величины интенсивности ультрафиолетового излучения) заменена дополнением – Гигиенический норматив «Допустимые значения показателей ультрафиолетового излучения производственных источников».

Рассмотрим некоторые значимые моменты, отличающие СН № 2.2.4.13–45–2005 и СанПиН № 198 от СН 4557–88.

1) Новшеством является введение понятия «доза облучения».

Интенсивность излучения (облученность, поверхностная плотность потока) – отношение потока излучения, падающего на участок поверхности, к площади этого участка (Вт/м²).

Энергетическая экспозиция (доза облучения) – произведение облученности на время воздействия (Вт×с/м² или Дж/м²).

2) В нормативной части (Глава 5) добавлен пункт:

35. Допустимая доза УФ-С, получаемая обслуживающим персоналом, должна составлять не более 3,6 Дж/м². При производственной необходимости более длительного пребывания персонала необходимо использование средств индивидуальной защиты (очки, лицевые маски и перчатки), защищающих глаза и кожу от ультрафиолетового излучения.

На наш взгляд, он не совсем чётко сформулирован. Здесь не указаны временные характеристики периода облучения. В то же время, такая же доза 3,6 Дж/м², подсчитанная по данным в п. 31 (п. 2.1.1 в СН 4557–88), допускается при чётко сформулированных временных условиях и ограничениях на общее время воздействия и интенсивность излучения.

3. В странах **Европейского Союза (ЕС)** основой для нормирования воздействия УФИ в производственных условиях является введённая в действие в 2006 г. директива – DIRECTIVE 2006/25/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 5 April 2006 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to risks arising from physical agents (artificial optical radiation). Этой директивой регулируется воздействие оптического излучения от искусственных источников в диапазоне длин волн от 180 до 3000 нм, включающем в себя УФ, видимое и инфракрасное излучение. В документе нет прямого указания на излучение при сварке, но в разъяснениях (A Non-Binding Guide to the Artificial Optical Radiation Directive 2006/25/EC) оно указывается. Отмечено, что здесь устанавливаются минимальные ограничения и государства вправе устанавливать у себя более строгие обоснованные ограничения на уровни безопасного воздействия.

Рассмотрим и проанализируем основные положения и ограничения, приведённые в этой директиве и относящиеся к воздействию УФИ от некогерентных (не лазерных) источников.

1) Основными параметрами для оценки воздействия УФИ являются эффективная облучённость (effective irradiance) E_{eff} [Вт/м²; Дж/м²] и эффективная экспозиция облучения (effective radiant exposure) H_{eff} [Дж/м²].

В общем случае эти величины выражаются в виде интегралов, но для практического применения – в виде конечных сумм значений в дискретных точках:

$$E_{\text{eff}} = \sum_{180\text{nm}}^{400\text{nm}} E_{\lambda} \cdot S(\lambda) \cdot \Delta\lambda ;$$

$$H_{\text{eff}} = E_{\text{eff}} \times \Delta t.$$

Здесь: E_{λ} [Вт/(м²×нм); Дж/(м²×нм)] – спектральная облучённость (spectral irradiance or spectral power density), получаемая обычно в результате спектральных измерений; $S(\lambda)$ – безразмерный спектральный коэффициент воздействия (spectral weighting) УФ-излучения на глаза и кожу, зависящий от длины волны излучения λ (дискретные значения $S(\lambda)$ приведены в табл. 1.2 Директивы); $\Delta\lambda$ [нм] – шаг по длине волны, применяемый при суммировании и измерениях (в табл. 1.2 значения $S(\lambda)$ даны с шагом 1 нм, но обычно применяется шаг 5 нм); Δt [с] – время (длительность) воздействия излучения.

Для краткости и сравнения с принятыми в СН 4557–88 и СанПиН № 198 параметрами контроля,

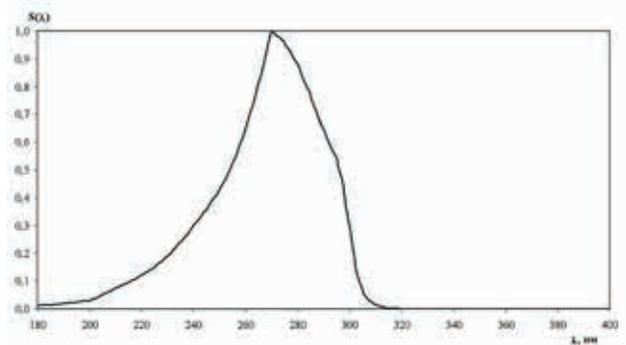


Рис. 1. График зависимости $S(\lambda)$ от длины волны излучения будем называть в дальнейшем E_{eff} – эффективная интенсивность излучения, H_{eff} – эффективная доза облучения.

Отметим, что принятые в СН 4557–88 и СанПиН № 198 параметры E – интенсивность излучения и H – доза облучения вычисляются по похожим формулам.

Например, в диапазоне УФ-А – $E_A = \sum_{315\text{nm}}^{400\text{nm}} E_{\lambda} \cdot \Delta\lambda ;$

$$H_A = E_A \times \Delta t.$$

Предоставим значения $S(\lambda)$, приведённые в Директиве в табл. 1.2, в графическом и табличном виде.

Видно, что величина $S(\lambda)$ в диапазоне УФ-С (180–280 нм) сначала монотонно возрастает от 0,012 до максимального значения 1 ($\lambda = 270$ нм), затем монотонно спадает до 0,88 на верхней границе диапазона; в диапазоне УФ-В (280–315 нм) – монотонно спадает до 0,003 на верхней границе диапазона; в диапазоне УФ-А (315–400 нм) – монотонно спадает от 0,003 до практически нулевого значения. Значения $S(\lambda)$ сильно различаются даже внутри этих диапазонов, пропорционально им отличается и спектральная эффективность воздействия УФИ. Например, в диапазоне УФ-С излучение с интенсивностью 1 Вт/м² и длиной волны 270 нм по степени воздействия на кожные покровы и глаза эквивалентно действию излучения с интенсивностью $1/0,03 = 33$ Вт/м² и длиной волны 200 нм.

По всей вероятности, столь большие относительные различия коэффициентов $S(\lambda)$ и привели к тому, что во многих странах для более точной оценки степени воздействия УФИ были введены нормативы, базирующиеся на применении эффективных параметров E_{eff} и H_{eff} .

В СН 4557–88 полагается, что внутри диапазонов УФ-А, УФ-В и УФ-С эффективность воздействия УФИ одинакова, независимо от длины волны. Так, в отличие от приведённого выше примера, УФ-С излучение с интенсивностью 1 Вт/м² и длиной волны

Таблица 1. Значения коэффициента $S(\lambda)$ в характерных точках спектра УФИ

λ , нм	180	200	220	270	280	315	400
$S(\lambda)$	0,012	0,030	0,120	1,000	0,880	0,003	0,000

270 нм эквивалентно действию излучения с такой же интенсивностью, но длиной волны 200 нм. В то же время, между этими диапазонами учитывается значительное различие в эффективности воздействия УФ-И одинаковой интенсивности. Косвенно это отражено в существенных различиях допустимых пределов интенсивности УФ-И в УФ-А, УФ-В и УФ-С диапазонах (например, 50–0,05–0,001 Вт/м²).

В таблице 1.1 Директивы даны предельные значения воздействия некогерентного оптического излучения. Воздействие на глаза и кожу УФ излучения, в спектре которого представлены излучения всех трёх диапазонов (УФ-А + УФ-В + УФ-С), лимитируется всего одним предельным значением эффективной дозы облучения – $H_{\text{эф}} = 30 \text{ Дж/м}^2$ за время до 8 ч.

Это означает, что эффективная доза облучения, полученная один раз в сутки за время до 8 ч (рабочая смена), не должна превышать 30 Дж/м². Ежедневное воздействие с такой дозой не приносит вреда и необратимых изменений для глаз, кожи и всего организма в целом.

Отметим основные отличия ограничений, налагаемых на воздействие УФ-И, в Директиве и СН 4557–88:

1) В СН 4557–88 ограничения устанавливаются отдельно в каждом из диапазонов спектра (УФ-А,

УФ-В, УФ-С), в Директиве – во всём диапазоне спектра УФ-И (180–400 нм).

2) В СН 4557–88 ограничиваются интенсивность излучения в зависимости от длительности его воздействия, в Директиве – эффективная доза облучения.

Если сравнивать ограничения по степени их строгости, то СН 4557–88 налагают более строгие ограничения на воздействие УФ-С излучения. Например, в Директиве допускается воздействие на глаза и кожу УФ-С излучения интенсивностью 2 Вт/м², но не более 15 с. В СН 4557–88 допускается воздействие излучения со значительно меньшей интенсивностью – 0,001 Вт/м² при определённых временных ограничениях. Интересно, что в норму $H_{\text{эф}} \leq 30 \text{ Дж/м}^2$ укладывается воздействие в течение 8 ч УФ-С излучения с $E = 0,001 \text{ Вт/м}^2$.

4. В других промышленно развитых странах (**США, Япония, Великобритания, Канада и др.**) действуют нормативные документы в своей основе схожие с нормами ЕС. В частности, применяется такая же зависимость эффективности воздействия УФ излучения от длины волны. Также применяется нормативное ограничение эффективной дозы излучения до 30 Дж/м².

● #1278

БИОТ 2020 пройдет онлайн

Предстоящие Международные форум и выставка «Безопасность и охрана труда» (БИОТ 2020) впервые за свою 24-летнюю историю пройдут в онлайн-формате. Даты проведения остаются неизменными – 8 – 11 декабря 2020 г.

Решение об изменении формата БИОТ 2020 было принято после консультаций с ключевыми экспонентами выставки с учетом неблагоприятной ситуации, связанной с распространением коронавирусной инфекции COVID–19.

Учитывая критически важную роль, которую играют охрана труда и средства индивидуальной защиты в сложившихся условиях пандемии COVID–19, Оргкомитет БИОТ 2020 подчеркивает значимость форума и выставки, и продолжает активную работу по их подготовке.

В ближайшее время начнет работу сайт форума BIOTEXPO.ONLINE, на котором будет представлена программа предстоящих онлайн-мероприятий. Благодаря широким возможностям интернет-платформы, участники смогут пройти процедуру регистрации и распланировать график встреч, деловых переговоров и презентаций, наметить посещение конференций и семинаров деловой программы форума, которой в этом году уделяется особое значение.

Здесь же в виртуальных павильонах разместится экспозиция выставки. На ней будут представлены стенды всех ключевых предприятий отрасли СИЗ.

Организаторами БИОТ 2020 традиционно выступают Министерство труда и социальной защиты РФ и Ассоциация разработчиков, производителей и поставщиков средств индивидуальной защиты (Ассоциация «СИЗ»).

По словам Президента Ассоциации «СИЗ» Владимира Котова, впервые за весь тяжелый период пандемии предоставляется уникальная возможность широкого обсуждения экономической ситуации на рынке труда. Новые смыслы понятия «Безопасность и охрана труда», включающие теперь и медицинский аспект, открывают широкое поле для выработки механизмов и правил, по которым обществу и государству предстоит жить, как минимум, в ближайшее десятилетие.

В рамках деловой программы пройдет целый ряд сессий и панелей в формате видеоконференц-связи, в которых примут участие руководители федеральных органов исполнительной власти: Минтруда, Минпромторга, Фонда социального страхования, Росстандарта, Роструда, Роспотребнадзора, а также руководители и топ-менеджеры крупнейших предприятий промышленности, ведущие российские и зарубежные эксперты. Свои программы и мероприятия в рамках БИОТ 2020 представят такие крупнейшие корпорации и работодатели, как Ростехнологии, РЖД, Газпром и др.

Сайт выставки БИОТ: <http://www.biotexpo.ru/>

● #1279

Этапы большого пути. Часть 2*

А.А. Мазур, канд. экон. наук, Л.Б. Любовная, Н.С. Онищенко, ИЭС им. Е.О. Патона НАНУ (Киев)

ИЭС им. Е.О. Патона. Восстановление послевоенной экономики.

В начале 1944 г. Государственный комитет обороны (ГКО) утвердил постановление «*О необходимых мерах по восстановлению хозяйства в районах, освобожденных от немецкой оккупации*», в котором было принято решение о возвращении Института электросварки в Киеве и возложении на него серьезных задач по оказанию помощи промышленности Украины и др. районов страны, пострадавших от оккупации. Ущерб оккупация нанесла огромный. Восстановлению подлежали более 19 тысяч промышленных предприятий, шахт, мостов, 200 тысяч производственных зданий. Необходимо было создавать новые производственные мощности.

В мае 1944 г. коллектив Института возвращается в Киев с уже готовым планом работ по выполнению заданий ГКО. Первые сварочные автоматы начали работать на 12 крупнейших заводах Украины уже в 1945 г.

Одновременно с внедрением автоматической сварки пришлось заново воссоздавать материальную базу Института. За короткий срок отстраиваются и оснащаются оборудованием его лаборатории и мастерские.

Приоритеты исследовательской работы коллектива сосредоточились на механизации сварочных работ, в т. ч. на дальнейшем развитии автоматической сварки под флюсом и на проблемах, связанных со сварным мостостроением, а также на разработке и промышленном освоении новых сварочных процессов.

В 1945 г. Е.О. Патон избран вице-президентом АН УССР, куратором одного из самых ответственных направлений деятельности Академии – внедрения результатов научно-исследовательских разработок в производство, с сохранением, естественно, обязанностей директора Института. Энергично и деловито он руководит послевоенным восстановлением институтов Академии, переоснащением их новейшим оборудованием и организацией научной деятельности, направленной на решение актуальных задач производства.

В марте 1945 г. в ознаменование 75-летия Е.О. Патона и 50-летия его научной, инженерной, педагогической и общественной деятельности Институту электросварки АН УССР было присвоено его имя.

1944 – 1958 гг. стали годами послевоенного становления Института и его интенсивного развития, годами выполнения работ на важнейших объектах послевоенного строительства. Институту предсто-

яло наращивать темпы работы и в мирное время.

Послевоенные годы – это период преобразования Института в современный мощный научно-исследовательский центр с развитыми конструкторской и производственной базами. Были созданы опытное производство и три опытных завода, Опытно-конструкторское и технологическое бюро, способные в металле воплотить идеи ученых. Рабочие площади Института увеличились в шесть раз, его коллективу было под силу решение любых задач, связанных с развитием сварочного производства и внедрением новой сварочной техники в масштабах всей страны.

9 июня 1947 г. по инициативе Института Совет Министров СССР принял постановление «*О расширении применения в промышленности автоматической электросварки под слоем флюса*». Как отмечал Е.О. Патон, «*это постановление внесло коренной перелом в развитие сварочного дела в СССР – внедрение автоматической сварки в народное хозяйство было поставлено на государственные рельсы*».

Институту было поручено оказание технической помощи заводам, новостройкам и др. предприятиям, осваивающим автоматическую сварку. Многолетняя работа ИЭС в области механизации и автоматизации электродуговой сварки получила должную оценку – внедрение в промышленность автосварки под флюсом признано делом государственной важности.

Начиная с 1948 г. Госплан Союза был обязан включать в технические планы министерств и ведомств создание установок для автосварки под флюсом. Предусмотрен ввод в действие 680 сварочных автоматов на 111 заводах 18 министерств и, следовательно, резкое увеличение объема автосварки в общем объеме сварочных работ по основным видам отраслевой продукции.

Постановление создавало прочную материально-техническую базу внедрения автосварки: был организован серийный выпуск автосварочной аппаратуры, электродной проволоки, массовый выпуск сварочного флюса на четырех стекольных заводах.

Еще одно Постановление Совмина СССР от 29.05.1948 г. «*О широком внедрении автосварки в судостроении*» наряду с техническими заданиями поручало:

- организовать подготовку инженеров-сварщиков в ряде вузов (Ленинградский кораблестроительный, МВТУ им. Баумана, КПИ);
- создать факультеты сварочного производства во всех машиностроительных и политехнических вузах;

*Часть 2, часть 1 – «Сварщик в России» № 1 – 2020



Совещание у директора Института электросварки (слева направо: Б.И. Медовар, И.И. Фрумин, Е.О. Патон, П.И. Севбо, Б.Е. Патон)

- расширить сеть сварочных техникумов и организовать техникум в Киеве.

ИЭС был обязан изготовить в 1949 г. 250 и в 1950 г. – 270 шланговых полуавтоматов для предприятий восьми министерств.

В 1947–1949 гг., впервые в мировой практике была массово использована автоматическая сварка под флюсом. Патоновскими портативными сварочными тракторами ТС-17 было сварено 80 % всех стыков в судостроении.

Первые магистральные трубопроводы.

Свой научно-технический потенциал Институт активно использовал для решения стратегически важных проблем развития экономики страны. В послевоенные годы в Средней Азии, Западной Сибири, Северном Урале и в др. отдаленных районах СССР были открыты гигантские месторождения нефти и газа. Возникла необходимость строительства магистральных газо- и нефтепроводов, в т. ч. Дашава-Киев-Брянск-Москва, Ставрополь-Москва. В 1950 г. вступили в строй сваренные автоматами газопроводы Кохтла-Ярве-Ленинград, Шебелинка-Днепропетровск и др., что позволило по сравнению с 1940 г. в 8 раз (с 325 до 2313 км) увеличить общую длину магистральных нефте- и газопроводов.

Была выполнена большая работа по созданию трубоэлектросварочных станков и др. оборудования для выпуска электросварных труб больших диаметров (420-720 и 820-1410 мм) на Харцызском трубном заводе и на заводе им. Ильича в Мариуполе. Трубы диаметром 1020 мм использовались при сооружении таких мощных газопроводов, как Бухара-



Евгений Оскарович, Борис Евгеньевич и Владимир Евгеньевич Патоны у сварочного трактора ТС-17

Урал, Красноярский край-Серпухов и др. Это позволило, несмотря на отказ ФРГ поставлять такие трубы в СССР, выполнить планы газификации европейской части страны с использованием отечественных труб.

В послевоенные годы в стране остро стояла проблема дефицита нефтехранилищ, которые отступающими фашистами уничтожались. Кроме того, рост добычи нефти требовал наращивания резервуарного парка. Институтом впервые в мире была разработана технология автоматической сварки листовых конструкций и метод ролонирования цилиндрических резервуаров, а на Куйбышевском и Саратовском заводах начали их серийное изготовление. Внедрение этой технологии позволило в 4 раза уменьшить трудоемкость монтажных работ и до 10 раз сократить продолжительность строительства резервуаров.

Наиболее значимые достижения Института этих лет отмечены шестью Сталинскими и двумя Ленинскими премиями. В числе мероприятий по обеспечению поставки высококачественных труб и усиленного контроля за качеством строительства трубопроводов высокого давления было создание в ИЭС отдела заводской сварки труб и механизации сварочных работ в полевых условиях, который в дальнейшем сыграл важнейшую роль в создании развитой сети отечественной нефте- и газопроводов.

Электрошлаковая сварка и другие работы этого периода.

Комплекс работ, выполненных в Институте электросварки АН УССР в 1946–1952 гг., способствовал значительному усовершенствованию и широкому внедрению в промышленность различных видов электросварки. На основании идей, выдвинутых Е.О. Патонем, были разработаны новые разновидности сварки, в частности сварка швов с принудительным формированием сварочной ванны, на основании которой в дальнейшем была создана электрошлаковая сварка (ЭШС) – одна из приоритетных разработок Патоновской школы – новый способ сварки, с которого началась целая серия электрошлаковых технологий: электрошлаковые переплав, литье, наплавка. Использование ЭШС внесло коренные изменения в технологию производства барабанов котлов высокого давления, станин тяжелых прессов и прокатных станков, колес и валов гидротурбин. Вместо цельнолитых и цельнокованных крупногабаритных деталей появились более экономичные – сварные, сварно-литые и сварно-кованые. В 1957 г. сотрудники Института, Новокраматорского Машиностроительного завода (НКМЗ) и Таганрогского завода «Красный котельщик» были удостоены Ленинской премии за создание ЭШС и производство на ее основе крупногабаритных ответственных изделий. *Эта работа в 1958 г. получила Гран-при на Всемирной выставке в Брюсселе.* Многие зарубежные фирмы приобретали лицензии на использование ЭШС.

К этому же периоду относятся многие работы Института, имеющие приставку «впервые в мире». Среди них:

- строительство методом рулонирования крупногабаритных резервуаров для хранения нефтепродуктов;
- создание серии автоматов и полуавтоматов для сварки под флюсом и системы низкремниевых флюсов, в т. ч. для сварки в монтажных условиях и в судостроении;
- создание способа дуговой сварки в вертикальном положении с применением подвижного формирующего ползуна и внедрение его в судостроении и при строительстве доменных печей;
- разработка техники, технологии и оборудования вертикальной электрошлаковой сварки металла толщиной до 2000 мм.

С 1940 г. Е.О. Патон был членом редколлегии журнала «Автогенное дело». В 1948 г. организовано издание научно-технического и производственного журнала «Автоматическая сварка», являющегося органом Института электросварки АН УССР. До конца жизни Е.О. Патон был его главным редактором. Журнал сыграл важную роль в развитии сварочного дела и стал одним из ведущих научно-технических периодических изданий, пользующихся большой популярностью, как в нашей стране, так и за рубежом.

Не прекращал Е.О. Патон и активной издательской деятельности. В 1948 г. под его редакцией вышла фундаментальная монография «Автоматическая сварка под флюсом», в которой были изложены теоретические основы этого метода, подробно рассмотрены металлургические и электрические процессы, протекающие при сварке под флюсом, рассказано о технологии автоматической сварки. Второе, дополненное издание этой книги вышло в 1953 г.

С учетом опыта военных лет Е.О. Патон сформулировал идеологию создания поточных линий для изготовления различных изделий с использованием автоматической сварки под флюсом.

Многие разработки института этого периода получили гриф «впервые в мире». В числе таких работ:

- создана серия автоматов тракторного типа ТС для сварки под флюсом. С помощью тракторов ТС-17 было сварено в тот период свыше 80 % всех стыковых угловых швов в судостроении;
- начал издаваться журнал «Автоматическая сварка»;
- создан способ дуговой сварки в вертикальном положении с использованием подвижного формирующего ползуна;
- создана электрошлаковая сварка – бездуговой способ электросварки металлов;
- разработан способ двухдуговой сварки под флюсом со скоростью 160-200 м/час стыковых швов труб больших диаметров;

- в сотрудничестве с НКМЗ разработана техника и технология вертикальной ЭШС металла толщиной до 2 мм;
- способ и оборудование для стыковой контактной сварки оплавлением стыков трубопроводов большого диаметра;
- осуществлена ЭШС кожуха доменной печи на заводе Электросталь;
- получен первый слиток электрошлакового металла;
- построен крупнейший в Европе цельносварной мост через р. Днепр в Киеве, которому было присвоено имя Евгения Оскаровича Патона.

Высокая оценка на международном уровне Патоновских разработок и результатов их использования в промышленности и строительстве способствовала тому, что к концу 1950-х гг. Киев был признан мировой столицей сварки.

Борьба за сварные мосты.

Вся жизнь Евгения Оскаровича является примером осмысленного выбора профессии и последовательного преодоления препятствий на пути реализации своей мечты. Ученый с мировым именем, ознакомившись в 58 лет со сваркой, не изменил, как некоторые говорят, своей юношеской мечте – мостам. Он просто понял, что применение сварки в мостостроении вместо клепки обеспечит значительную экономию металла и труда, улучшение условий эксплуатации сооружений и сокращение сроков их строительства. Но в начале 1930 гг., когда Е.О. Патон приступил к изучению проблемы сварного мостостроения, применение сварки в этой области во всем мире развивалось стихийно, без учета специфических особенностей сварки, ее возможностей и условий работы сварных соединений. Большинство из построенных в этот период сварных мостов было в разное время снято с эксплуатации в связи с появлением дефектов, угрожающих безопасности движения. Однако Е.О. Патон был твердо убежден в том, что все наблюдавшиеся неблагоприятные явления вызваны не органическими недостатками сварки, а низкой культурой производства и отсутствием единого научного подхода к вопросам сварного мостостроения.

К началу 1940 г. Е.О. Патон обладал не только богатым опытом проектирования, строительства и восстановления мостов. Он располагал также надежными данными о реальной прочности и выносливости сварных конструкций. Был создан способ автоматической сварки под флюсом, обеспечивающий стабильное качество швов и высокую производительность процесса. Уточнены требования к сталям и сварочным материалам. Это позволило ученому поставить вопрос о применении сварки при строительстве городского моста через р. Днепр в Киеве. При поддержке правительства Украины он добился решения о строительстве сварного варианта моста. По этому варианту мост должен был строиться из

сварных элементов с клепаными монтажными соединениями. Однако успешно начавшееся изготовление сварных элементов было прервано войной.

Под руководством Е.О. Патона проводились исследования по разработке оптимальных режимов сварки, новых сварочных материалов, созданию необходимой аппаратуры и приспособлений, выбору основного металла. Результаты исследований позволили ученому рекомендовать для изготовления мостов и др. ответственных конструкций низкоуглеродистую спокойную, дополнительно раскисленную алюминием мартеновскую сталь М16С. Из этой стали были построены все мосты, введенные в эксплуатацию при жизни Евгения Оскаровича. Всего в 1950-1953 гг. в разных климатических районах страны было изготовлено и установлено более 150 сварных мостов. Был накоплен определенный опыт, наглядно показано, что применение сварки вместо клепки обеспечивает значительную экономию металла, улучшает условия труда и способствует сокращению сроков строительства. Основным способом сварки мостовых конструкций была автоматическая сварка под флюсом.

О значении качества стали для надежности сварных конструкций Е.О. Патон писал: *«Разработка стали для сварных мостов – это только первый шаг. Сварщикам совместно с металлургами нужно много и упорно работать над проблемой выпуска хорошо сваривающихся сталей. Эта задача становится особенно актуальной в связи с широким внедрением низколегированных конструкционных сталей во многих отраслях промышленности»*.

Широкое применение мостов со сварными элементами и клепаными монтажными узлами было значительным достижением отечественного мостостроения. Тем не менее, это еще не позволяло полностью использовать все преимущества сварки. Вес сварного пролетного строения с клепаными монтажными узлами был на 8-10 %, а цельносварного – на 20-25 % меньше клепаного.

Мост Патона в Киеве.

В 1946 г. Е.О. Патон совместно с Министерством путей сообщения и Министерством строительства предприятий тяжелой индустрии подали правительству СССР докладную записку о преимуществах сварного мостостроения и о замене клепаных пролетов сварными.

Придавая большое значение делу внедрения в мостостроение сварных металлических конструкций, дающих экономию металла и рабочей силы по сравнению с клепаными конструкциями, Совмин СССР 31.07.1946 г. принял развернутое постановление *«О применении автоматической сварки в строительстве железнодорожных и шоссейных мостов с металлическими фермами»*, которым поручил МПС и ИЭС:

- организовать наблюдение за изготовлением на заводах пролетных строений и за работой их в эксплуатации;

- развернуть НИР по изучению вопросов, связанных с переходом на широкое применение автоматической сварки в мостостроении;
- разработать до 01.01.1947 г. технологию автоматической сварки низколегированной стали типа СХЛ и к 01.01.1948 г. метод автоматической сварки монтажных соединений пролетных строений.

На основании положительного опыта, полученного при строительстве и эксплуатации большого числа железно- и автодорожных мостов, Евгений Оскарович предложил построить цельносварной автодорожный мост через р. Днепр в Киеве. Это предложение ученого снова встретило сопротивление некоторых мостовиков и даже сварщиков.

Евгению Оскаровичу было тогда 80 лет, но он не отступил от направления, которое считал правильным, и победил.

После выхода распоряжения Совмина СССР от 29.06.1948 г. *«О строительстве в г. Киеве шоссейного моста через р. Днепр»* правительство УССР принимает решение построить в Киеве цельносварной шоссейный мост.

В декабре 1951 г. начинается строительство этого, в то время наибольшего в мире, цельносварного шоссейного моста. Е.О. Патон возглавляет исследовательские, проектные, заводские и монтажные работы, связанные с его сооружением.

В основу проекта был положен индустриальный метод. На заводе в Днепропетровске изготавливались крупноблочные элементы, а из них на стройплощадке формировалась металлоконструкция всего моста. Это давало возможность максимально использовать автоматическую и полуавтоматическую сварку под флюсом. Широко использовалась автоматическая сварка вертикальных монтажных стыков. Свыше 84 % всех заводских и монтажных швов выполнены автоматической и полуавтоматической сваркой под флюсом. При сварке главных ферм эта цифра была 97 % для заводских швов и 88 % для монтажных.

Уникальность этого цельносварного сооружения заключается, прежде всего, в его размерах. Это один из крупнейших мостов Европы. Он имеет 20 пролетов по 58 м между опорами и 4 судоходных пролета (на главном русле реки) по 87 м между осями опор. Длина моста 1492 м с общим весом пролетных строений более 13 тыс. т.



Сварка балки для моста им. Е.О. Патона на Днепропетровском заводе металлоконструкций, 1952 г.

Исключительно сжатыми были сроки изготовления и монтажа пролетных строений. Строительство началось в декабре 1951 г. и закончилось в октябре 1953 г. Сварочные работы проводились круглый год. Трудоемкость выполнения сварных монтажных стыков составила 4,17 человеко-часов на 1 т конструкций вместо 13,5 человеко-часов на 1 т клепаных.

Подготовку, строительство и монтаж уникального сооружения ученый описал в работе, подготовленной совместно с представителями других организаций, принимавших участие в проектировании, изготовлении и строительстве моста.

Конструктивные и технологические решения, использованные при проектировании и сооружении моста Патона, открыли дорогу широкому использованию сварки в мостостроении. Они были использованы при постройке мостов через р. Днепр в Киеве, мостов в Днепропетровске, Запорожье, Каменце-Подольском и многих др., как в Советском Союзе, так и за рубежом.

К выдающимся сварным конструкциям, созданным в Киеве специалистами Института совместно со специалистами ЦНИПИ «Укрпроектстальконструкция», кроме моста Патона, можно отнести также оригинальную конструкцию цельносварной киевской телебашни, которая на 70 м выше Эйфелевой башни, и величественный монумент «Родина-мать». Опыт строительства киевской телебашни в дальнейшем был использован при строительстве аналогичных башен в Ленинграде, Ереване, Тбилиси, Витебске, Харькове.

Евгению Оскаровичу не довелось воспользоваться почетным правом автора первому пройти по мосту после ввода его в эксплуатацию. Он умер 12 августа 1953 г. на 84-м году жизни, не дожив менее трех месяцев до торжественного открытия моста, до осуществления главного дела всей своей жизни, воплотившего идеи выдающего мостовика и великого сварщика.

Практически до последнего дня Евгений Оскарович продолжал работать. В строительство одного из крупнейших в мире цельносварного моста, ныне носящего его имя, ученый вложил свои разносторонние знания, огромную энергию и организаторский талант.

Уже более 65 лет мост Патона, который Американское сварочное общество признало выдающимся инженерным сооружением XX века, верно служит людям.

Патоновская научная школа.

Научные школы обычно формируются под эгидой личности ученого-лидера, имеющего идеи, темы для разработки. Лучшие научные школы – это те, где



Мост Патона, Киев

последователи лидера занимаются активной, творческой работой и объединены идеями, методиками, научными и личностными традициями, доставшими им в наследство от лидера-основателя школы. Евгений Оскарович Патон был именно таким лидером, лидером-творцом, лидером-вдохновителем научного коллектива, не просто начальником, а лидером, который имеет собственные научные идеи и реализует их вместе со своими учениками.

Вдумчиво и серьезно относился Евгений Оскарович к воспитанию научных кадров. Он был противником преклонения перед «абсолютными» истинами и неизбежными авторитетами. *«Каждое научное учреждение – обязано творить людей! Грош цена тому научно-исследовательскому институту, который держится и живет одним лишь именем своего директора, одной лишь его научной репутацией».*

Очень внимательно относился Е.О. Патон к приобщению молодых кадров, к духу и стилю работы Института. Он придавал большое значение выбору тематики их диссертационных работ: *«Диссертация должна отстаивать передовые взгляды – то, что сегодня еще не всеми признано, а не с упорством, достойным лучшего применения, пересказывать всем уже давно известные истины; должна давать что-то новое, полезное для практики. Оценка диссертации должна вестись в первую очередь с точки зрения того, что она дает народному хозяйству, могут ли быть внедрены в практику научные выводы автора».* Патон категорически отвергал темы, разработка которых имела целью только получение ее исполнителем ученой степени.

И в наше время не утратили своей актуальности идеи Е.О. Патона, заложенные в основу идеологии научного творчества, в т. ч. о необходимости комплексного взаимосвязанного развития фундаментальных и экспериментальных исследований с прикладными исследованиями и инженерными разработками. Это привело к возникновению исследований принципиально нового вида, которые Б.Е. Патон определил как «целенаправленные фундаментальные».

Писатель и журналист Игорь Малишевский в своей документальной повести о Патоне писал: *«Евгений Оскарович прожил три жизни: одну до революции и две после – сначала как выдающийся мостовик, потом – как гениальный сварщик».* Но сегодня, много лет спустя, мы можем говорить о его четвертой жизни, воплощенной в созданном им уникальном научном коллективе, продолжающем славные традиции «Патоновской школы сварки», в построенных им мостах, главный из которых носит его имя, в его учениках и продолжателях его дела, в той уважительной памяти потомков, которой награждаются только гении. Всё это может быть объединено в триединое понятие: *«Патон – отец, Патон – сын, Патон – Институт».*

●#1280

Сварка и родственные технологии – боевому ракетостроению. Первые конструкции и совершенствование технологии сварки. Часть 1

Л.М. Лобанов, акад. НАНУ, д.т.н., А.Н. Корниенко, д.и.н., к.т.н., ИЭС им. Е.О. Патона НАНУ (Киев)

Со второй половины XX века ракеты и ядерные заряды являются основной составляющей гонки вооружений, в которой ведущую роль заняли США и СССР. Освоение околоземного пространства стало символом достижения цивилизации XX века и фундаментом для дальнейшего более масштабного проникновения человечества в космос. Разработка межконтинентальных боевых ракет, подготовка к космическим полетам человека стимулировали развитие высоких наукоёмких технологий. Особенности развития авиационной и ракетно-космической техники определили основные направления в совершенствовании технологии изготовления конструкций с использованием сварки, пайки и родственных технологий.

Исторические обстоятельства и технические возможности в конце 1940-х годов. С 1930-х гг. в ряде стран развернулись работы по созданию реактивной техники, увенчавшиеся практическим внедрением в области вооружений. Во время второй мировой войны применялось ракетное оружие: буксируемая шеститрубная немецкая ракетная батарея и ручная легкая 88 мм ракетная установка; английская пятидюймовая ракета с взрывной боеголовкой; американская 60-трубная пусковая установка на танке Шерман для 4,5-дюймовых ракет и запускаемая вручную 2,36-дюймовая база. В СССР ограничились созданием транспортируемой установки с 130 мм ракетами, известной как Катюша и орган Сталина. Но это были ракеты ближнего боя и конструктивно мало отличались от простых, давно известных аналогов.

Началом нового этапа ракетостроения принято считать создание в Германии ракет серии Фау (Vergeltungswaffen – оружие возмездия). В ночь с 12 на 13 июня 1944 г. на Великобританию упали первые беспилотные самолеты-снаряды Фау-1. Изобретатель П. Шмидт применил относительно простую систему управления и недорогой в производстве пульсирующий воздушно-реактивный двигатель. Несмотря на то, что аппаратура управления плохо выдерживала вибрационные перегрузки, Германия развернула серийное производство с ежемесячным выпуском до 900 изделий.

В сентябре 1944 г. на Лондон, Париж, Лилль

и Антверпен упали первые Фау-2. 14-метровая ракета с взрывчаткой в 900 кг стартовала с мобильных пусковых установок. В ракете, сконструированной Вернером Брауном и У.Р. Дорбергером, былточный реактивный двигатель, работавший на этаноле и жидком кислороде. Прорывным достижением была автоматическая система наведения, не требовавшая постоянного указания цели с земли. Координаты цели вводились в бортовой аналоговый вычислитель перед запуском. Установленные на ракете гироскопы контролировали ее пространственное положение в течение всего полета. Любое отклонение от заданной траектории выправлялось рулями на боковых стабилизаторах. По Великобритании было выпущено свыше 1300 единиц Фау-2 (рис. 1), погибло 2724 человека, а на подземной фабрике Миттельверк при их производстве погибло более 20000 узников концлагерей [1]. Проблем по сварке не было, поскольку основным материалом была обыкновенная конструкционная сталь [2].

Старт ракетно-ядерной гонки. 5 марта 1946 г. бывший премьер-министр Великобритании У. Черчилль, выступая в США, призвал: «Опустить железный занавес перед СССР», «Обратить весь мир в свою веру» [2]. За основу внешней политики были приняты предложения «отказаться от доктрины равновесия сил между государствами, США и союзники должны научить всех, кто вздумает померяться с ними силами» [3].

Но силы были несоизмеримы. Экономика США за годы войны не только оправилась от кризиса, но и значительно выросла. Промышленность СССР была сосредоточена на производстве воору-

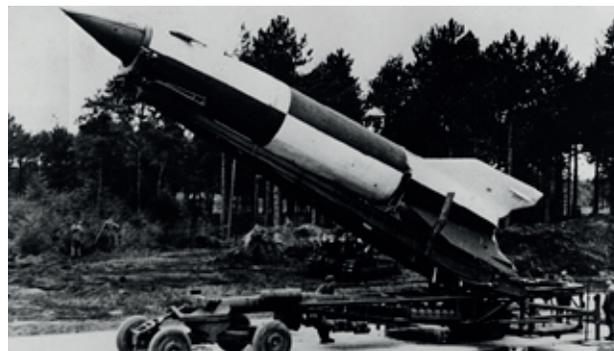


Рис. 1. Фау-2 на старте, 1944 г.

жений, а экономика на временно оккупированной территории была полностью разрушена. США запретили экспортировать в СССР и страны соцлагеря всё, что могло быть использовано для подъёма экономики. И СССР оказался в экономической блокаде, научно-технической и информационной изоляции. Более того, США монополично владели ядерным оружием и по мере увеличения количества атомных бомб увеличивали список городов, запланированных к уничтожению. СССР окружили военными базами, с аэродромов которых бомбардировщики могли достигнуть любого региона СССР [4]. В конце 1945 г. в США разворачиваются работы по созданию стратегического ракетного вооружения под руководством В. Брауна, которого вместе с двумястами сотрудников и сотней ракет переправили за океан.

В СССР необходимо было создать свой ракетно-ядерный щит.

Организация ракетостроения. А в это время в СССР уже начали энергично восстанавливать народное хозяйство. В 1943 г. было принято постановление «О неотложных мерах по восстановлению хозяйства в районах, освобожденных от немецкой оккупации». В 1945 г. Государственный Комитет Обороны постановил перевести часть оборонных предприятий на выпуск товаров для населения. Производство военной продукции сокращали на 40 млрд. руб., по сравнению с 1944 г., а производство гражданской продукции увеличили с 3,8 млрд. руб. в 1944 г. до 12,8 млрд. руб. в 1946 г. Объемы капитальных работ в системе наркоматов обороны и военно-морского флота на период 1946–1950 гг. устанавливались в размере 7 млрд. руб. – в 2 раза меньше, чем в предвоенные годы (1938–1941 гг.) [5]. Таким образом, в первую послевоенную пятилетку темпы роста военно-промышленной продукции упали не только относительно периода Великой Отечественной войны, но и довоенного 1940 г.

Дальнейшая история развития боевых ракетных комплексов проходила и проходит с основной идеей – «сдерживания», пресечения желания безнаказанно нанести ядерный удар. Основная задача всех, кто занимался оружием, было создание оружия, превосходящего оружие противника. К сожалению, в СССР для достижения ядерного паритета пришлось тратить значительные материальные средства на создание новейшего вооружения в ущерб социальным программам. В конце второй послевоенной пятилетки, в 1953–1955 гг. показатель степени милитаризации советской промышленности превзошел довоенный [6].

Главный инженер одного из крупнейших приборостроительных заводов страны – «Киевского радиозавода» Б.Е. Василенко пишет: «Меня часто спрашивают мои коллеги по ракетно-космической эпопее: тем ли мы занимались? Хочу ответить так.

Не мы придумали «холодную войну» и неизвестно, как бы развивались события в мире, если бы в СССР не были созданы стратегические ядерные силы, которые обеспечили баланс, названный ситуацией «взаимного гарантированного уничтожения». В одном из своих последних интервью Владимир Федорович Уткин, генеральный конструктор КБ «Южное», говорил: «Мы не имели права отстать, мы не имели права сделать хуже. Вот это все время над нами довлело. Все время. Потому что каждый день, каждый час, каждая минута, каждая проволочка заставляла оглянуться на Отечественную войну сорок первого года». Современная история подсказывает, что могло быть значительно хуже, чем даже развал СССР – жестокий односторонний диктат, слабого не пощадили бы, особенно, если он исповедовал другую идеологию. И может быть те ценности, которые утвердились и утверждаются сегодня в мире во взаимоотношениях государств и этих государств по отношению к своим гражданам родились и укрепились через тернии, которые пришлось пройти в жестокие годы XX столетия, в т.ч. и в годы «холодной войны» [7].

13 мая 1946 г. вышло постановление Правительства СССР № 1017–419 сс «Вопросы ракетного вооружения». Для создания нового направления оборонной промышленности – ракетостроения были образованы специальные НИИ, КБ, испытательные центры и опытные заводы: НИИ-88 (с 1967 г. – ЦНИИ-маш) – головной НИИ реактивного вооружения; ОКБ-456 – по разработке маршевых двигателей; ОКБ-692 – систем управления; НИИ-885 – по автономным системам управления; НИИ-10 – по гироскопическим приборам; ГСКБ-спецмашина – по стартовым позициям и др. Рядом последующих постановлений (№ 4814–2095 от 4.12.1950 г. и др.) определялись направления создания баллистических ракет и привлекались к разработке и производству новые КБ, НИИ и заводы [8]. Стремясь превзойти противника, создатели ракет – носителей и ядерных боеголовок предлагали все новые и новые оригинальные конструкции. К реализации каждой разработки привлекались, в частности специалисты, которые должны были заниматься технологиями. Не зная о достижениях «коллег – противников», часто на сложные научно-технические проблемы находили оригинальные простые решения.

В ОКБ-1 в составе НИИ-88 общие проблемы ракетостроения решались под руководством С.П. Королёва. Он был членом комиссии ученых и конструкторов, направленной на изучение документации, деталей и агрегатов ракеты Фау-2. Удалось найти несколько ракет, отдельные узлы. В работе комиссии начали участвовать и немецкие специалисты, оставшиеся в Германии.

При испытании трофейных ракет Фау-2 половина не долетала до цели (такие же результаты были и в США). В НИИ-88 модифицировали Фау-2 и про-

ект первой советской боевой ракеты получил шифр Р-1. Были применены советские сортаменты стали, в основном малоуглеродистой конструкционной, алюминиевые и медные сплавы. Следует отметить, что по мере разработки конструкций ракет создание специальных материалов стало значительной проблемой [8]. Испытания показали – дальность полета Р-1–270 км, а не 250 км как у немецкого аналога. Однако точность попадания Р-1 (рис. 2) была не высокой. С.П. Королёв устранил такие конструктивные недостатки, как расположение подвесных баков внутри корпуса и использовал бак горючего в качестве несущего. После испытания его ракеты Р-2 (рис. 3), разработанной в 1948 г., она была принята на вооружение (под индексом 8А11) [9]. Однако бак окислителя оставался подвесным, сохранились громоздкие стабилизаторы.

При выборе материалов и технологий С.П. Королёв опирался на опыт отечественных авиастроителей. Ведущими организациями по технологическим вопросам были НИАТ, НИКИМТ, МВТУ им. Н.Э. Баумана и ряд отраслевых лабораторий, большинство из которых занимались проблемами изготовления алюминиевых конструкций с 1920-х-1930-х гг. В 1940-х гг. в СССР применялись технологии сварки: газовая, атомно-водородная, ручная дуговая, дуговая порошковой проволокой и газовая пайка [10]. В США и Великобритании, кроме них, в авиа- и судостроении начала внедряться сварка неплавящимся вольфрамовым электродом в инертных газах (TIG – ТИГ). В США на основе Фау-2 под руководством самого В. Брауна спроектировали ракету «Редстоун». Баки из алюминиевых сплавов были сварены с помощью ТИГ компанией «Норт Америкен». Но из-за некачественных сварных соединений жидкотопливные ракеты «Титан» не выдерживали норм хранения на стартовой позиции, поэтому была форсирована разработка твердотопливных ракет [11].

В СССР разработкой сварки в инертных газах занялись специалисты авиапрома. В 1948 г. НИАТ предложил ручную сварку плавящимся электродом в аргоне (МИГ); в 1950 г. на кафедре «Сварочного производства» МАТИ разработан способ автоматической сварки под флюсом вольфрамовым электродом тонколистовых конструкций алюминиевых сплавов [12].

А в ОКБ-1 С.П. Королёв продолжал совершен-



Рис. 2. Автопоезд с ракетой Р-1



Рис. 3. Ракета Р-2

ствовать ракеты, увеличивая их тактико-технические данные. Была создана ракета Р-5 с дальностью полета 350–600 км. Мощности опытного завода НИИ-48 в Подлипках (г. Калининград, ныне г. Королёв, Московская обл.) было недостаточно. Для серийного производства ракет 9 мая 1952 г. Совет Министров СССР принял постановление «О передаче Министерству вооружения СССР Днепропетровского автомобильного завода». В короткий срок начальник конструкторского отдела завода № 586 (п/я 186) В.С. Будник подготовил документацию, необходимую для развёртывания серийного производства [13].

Однако оставалась нерешённой проблема, возникшая из-за работы ракет на жидком топливе (спирте) и кислороде. Ёмкости с кислородом обмерзали в любое время года и их необходимо было пополнять. Требовались сотни специальных алюминиевых «цистерн-термосов» и резервуаров для компонентов ракетного топлива. Однако, известные способы сварки не обеспечивали удовлетворительного качества и не обладали достаточной производительностью для массового изготовления конструкций из листов толщиной 10–30 мм.

Во главе создания сварки и родственных технологий ракетостроения. Руководство страны поручило Е.О. Патону организовать массовое производство цистерн и резервуаров. Этот выбор объ-

ясняется тем, что в 1946 г. Институт электросварки (ИЭС) совместно с Мариупольским заводом им. Ильича разработал конструкцию, внедрил автоматическую сварку и организовал здесь поточное производство железнодорожных цистерн [14].

Однако, созданные ещё в предвоенные годы оборудование и технология дуговой автоматической сварки под флюсом предназначались для сталей, в годы Великой Отечественной войны они применялись для изготовления бронеконструкций [14].

Нигде в мире автоматической дуговой сварки под флюсом алюминия не было. Естественно, что с целью ускорения выполнения задания ракетчиков в ИЭС им. Е.О. Патона пошли по пути развития уже известной технологии. И в 1952 г. Д.М. Рабкиным впервые в мире был разработан состав бескислородного флюса и создан процесс автоматической дуговой сварки под флюсом алюминия и его сплавов [15].

Этот способ получил название «сварки по флюсу».

Сотрудники ИЭС совместно с МИИТ и ЦНИИ МПС (Москва), Ждановского завода (Мариупольский завод им. Ильича) и «Уралвагонзавода» (г. Нижний Тагил, Свердловская обл.) спроектировали алюминиевую цистерну, сварку которых внедряли сотрудники ИЭС (И.А. Довбищенко и др.). Цистерны и другие резервуары с мощной термоизоляцией были пригодны для длительного хранения жидкого кислорода и других компонентов ракетного топлива (рис. 4). Однако при сварке соединений толщиной более 18–20 мм в металле шва появлялись поры. А на сварных соединениях ракет, выполненных по авиационным технологиям, часто появлялись трещины.

В августе 1954 г. вышло постановление о создании самостоятельного ОКБ № 586, главным конструктором назначался М.К. Янгель. К этому времени на заводе № 586 выпустили ракеты Р-1: в 1951 г. – 70 шт., в 1952 г. – 230, в 1953 г. – 700, в 1954 г. – до 2500 шт. Создавая новое ракетное КБ, руководство страны прекращало монополию Королёва и ставило перед Янгелем задачу разработать боевые ракеты дальне-

го действия. М.К. Янгель считал, что ракетные двигатели межконтинентальных стратегических ракет должны быть жидкостными, использующими высококипящие компоненты топлива, чтобы обеспечить продолжительное пребывание в заправленном состоянии, исключить на стартовой позиции большие, практически промышленные установки для возобновления запасов криогенных компонентов топлива. Однако для реализации этих замыслов необходимо было обеспечить абсолютно герметичные сварные и разъёмные соединения.

Требования к эксплуатационным качествам ракет-носителей, кроме обычных требований, предъявляемых к ответственным инженерным сооружениям, отличаются рядом специфических условий, усложняющих технологии изготовления узлов и конструкции в целом. Несмотря на то, что изделия рассчитаны на однократное функционирование, жёсткие условия их эксплуатации можно сравнить с авиационной техникой – боевыми летательными аппаратами. Ракеты должны выдерживать высокую однократную пиковую нагрузку, но масса без груза и топлива должна быть минимально возможной. Поэтому толщина стенок топливных баков, которые составляют значительную часть ракеты-носителя, должна быть предельно минимальной и максимально прочной, т.е. конструкционные материалы должны иметь высокую удельную прочность. При этом необходимо обеспечить высокую точность размеров. Основные трудности были вызваны двумя особенностями: применением новых сплавов с особыми улучшенными эксплуатационными качествами, которые необходимо было сохранить после сварки, и изготовлением крупногабаритных конструкций сложной формы с элементами разной толщины. Поэтому были необходимы специальные сборочно-сварочные технологии и специализированные сварочные аппараты [16].

Рядом правительственных постановлений ИЭС был включен в работы по ракетной тематике. Участие в изготовлении изделий Главных конструкторов С.П. Королёва, М.К. Янгеля и других стало одной из основных задач ИЭС, а заводы «Прогресс» в Куйбышеве и Завод № 586 (Южный машиностроительный завод) вместе с КБ № 586 (КБ «Южное») в Днепропетровске – ближайшими полигонами для отработки и подгонки новых сварочных технологий [17].

В соответствии с принципом «от идеи до внедрения» Б.Е. Патон организовал в институте многоуровневую структуру отделов и других подразделений, связанных конкретными задачами ракетостроения. Отделы новых процессов, дуговой, контактной, электронной и диффузионной сварки, сварки взрывом, источников питания, сварных конструкций, автоматизации процессов сварки, контроля качества и другие выполняли фундаментальные



Рис. 4. Цистерна для транспортировки ракетного топлива

исследования и создавали научные основы для технологических и конструкторских отделов. Отделы сварки специальных сталей, алюминиевых, титановых сплавов и других металлов разрабатывали конкретные технологии и исследовали особенности применения новых материалов. Образцы специального оборудования, разрабатываемого конструкторскими отделами, изготавливались в мастерских и на опытном заводе института. Был создан специальный отдел внедрения оборудования и технологий в ракетостроение.

Министр общего машиностроения и тяжелого машиностроения СССР С.А. Афанасьев, тот самый, что много лет руководил ракетостроением и решал судьбу финансирования проектов, вспоминал: «Ракетные комплексы стратегического назначения (РКСП) созданы в нашей стране с применением большого объема электросварочных работ. Головной организацией, что разрабатывала и внедряла все многообразие электросварочных работ, был украинский Институт электросварки им. Е.О. Патона, директором которого является Борис Евгеньевич Патон. Он лично руководил разработкой и внедрением новейших технологических процессов электросварки на Днепропетровском Южном машиностроительном заводе. Разрабатывался и четко выполнялся план совместных работ Института электросварки, КБЮ (Конструкторское бюро Южное), завода Южмаш – по каждой ракете. Важно, что была отработана система: НИИ – ОКР – серия» [18].

То, что говорил министр о работе Б.Е. Патона с Днепропетровским ракетостроительным комплексом, безусловно можно отнести и к другим КБ и предприятиям. Плодотворное сотрудничество сложилось с С.П. Королевым в начале 1960-х гг. На заводе «Прогресс» в г. Куйбышеве, который был базовым по изготовлению королевских ракет-носителей и космических аппаратов, работало несколько групп опытных специалистов ИЭС им. Е.О. Патона. Борис Евгеньевич развернул исследования и поиск оптимальных технологий непосредственно на местах ракетостроения. Такая организация научно-практических работ была подобна той, что установил Е.О. Патон в годы Великой Отечественной войны на танковом заводе и обеспечила быструю разработку и внедрение автоматической сварки. Новое в этой организации работ было то, что поиск проводился по всем направлениям развития эффективных процессов сварки, контроля качества, уменьшение деформаций и др.

О том, как решались некоторые проблемы сварки рассказал сам руководитель работ – Б.Е. Патон: «К решению важных задач, связанных с развитием ракетно-космической техники, М.К. Янгель активно привлекал институты Академии наук УССР, плодотворно сотрудничал с украинскими учеными в области приборостроения, сварки, материаловедения и др.

Продолжительное боевое дежурство ракеты в заправленном состоянии потребовало полной герметичности узлов и деталей. В результате выполненной многоплановой работы удалось решить эту проблему. При этом решались две задачи – металлургическая и технологическая. В результате решения первой задачи было значительно улучшено качество металла. Решение второй задачи обеспечило так называемую ампулизацию ракет.

Для того, чтобы обеспечить необходимые механические свойства соединений и высокую герметичность узлов ракет и летательных аппаратов, возникла необходимость создания новой сварочной техники, усовершенствование известных видов сварки и разработки новых технологий. В эти годы в нашем институте проводятся исследования и создаются технологии электронно-лучевой сварки, сварки взрывом, микроплазменной сварки, контактной стыковой сварки и т.п. Совершенствуются технологии аргонодуговой сварки и другие технологии.

Значительный объем работ представляли проблемы сварки конструкций ракет-носителей из алюминиевых сплавов. Одним из направлений работы металлургов, сварщиков и других специалистов стало улучшение качества основного металла. В ИЭС им. Е.О. Патона были решены многие проблемы обеспечения качества сварки узлов ракетных конструкций. Было создано специализированное оборудование и технологии дуговой сварки, электронно-лучевой сварки и контактной сварки разных узлов ракет-носителей.

В ИЭС вместе с Московским электроламповым заводом для аргонодуговой сварки разрабо-



Рис. 5. Б.Е. Патон с подарком М.К. Янгеля

тали вольфрамовые электроды с добавками редкоземельных элементов лантана и иттрия. Сварные швы неповоротных стыков труб из алюминия, нержавеющей стали и титана, выполненные этими электродами, отличались высокой герметичностью и прочностью. Кроме того, электроды большого диаметра с примесями иттрия использовались при сварке алюминиевых сплавов топливных баков толщиной до 20 мм. Для повышения проплавления при дуговых процессах разрабатывались технологии с максимальной концентрацией энергии дуги, в т.ч., импульсно-дуговая, плазменно-дуговая на переменном токе и микроплазменная сварка разно-полярными импульсами; необходимые источники питания; конструкции плазмотронов, аппаратов для перемещения. Плазменная сварка нашла применение для герметизации приборных отсеков из магниевых сплавов. Микроплазменная сварка была внедрена на ракетостроительных заводах, в первую очередь для изготовления и приваривания сифонов.

Как показала практика, наиболее эффективным способом изготовления шпангоутов, наиболее нагруженных элементов корпусов ракетносителей, является контактная стыковая сварка предварительно согнутых к необходимому диаметру заготовок прессованных профилей из высокопрочных сплавов алюминия. Такая технология является наиболее надежной, т.к. стабильно обеспечивает высокую герметичность при коэффициенте прочности не ниже 0,90 от основного металла, высокопроизводительной и экономически выгодной, т.к. обеспечивает коэффициент полезного использования металла до 0,95.

В 1968 г. на «Южном машиностроительном заводе» (Южмаш) была внедрена в эксплуатацию технология и оборудование для контактной стыковой сварки шпангоутов из прессованных профилей из алюминиевого сплава, в т.ч. из чистовых (которые не нуждаются в дальнейшей механической обработке) и пустотелых профилей, площадью поперечного сечения до 6000 мм². Применение контактной стыковой сварки обеспечило прочность сварных соединений, высокую точность геометрических размеров, абсолютную герметичность и высокую производительность – до 12 стыков за час. Высокие показатели сварных соединений определили дальнейшее развитие этой технологии для решения более сложных задач» [19, с. 4].

Работы ИЭС им. Е.О. Патона с КБ «Южное» и Южмашем в области сварки, начатые при жизни М.К. Янгеля, продолжались и развивались. Была создана серия стыкосварочных машин, которая обеспечила сварку шпангоутов (больше ста наименований) для всех изделий, которые разрабатывает КБ «Южное» и изготавливает Южмаш. Внедрена высокоэффективная технология и созданы уникальные машины для контактной сварки продольных швов ци-

линдрических и конических обечаек длиной сварного шва до 2000 мм. При этом время сварки составляет 180 секунд.

Литература.

1. Ракеты для фюрера, или Двудликий Янус технического прогресса: <https://ch.ua/main/tehnо/7254-dw-rakety-dlya-fyurera-ili-dvulikiy-yanus-tehnicheskogo-progressa.html>
2. Jefferson T.B. Robot bombs by welding.// Welding Engineer. – 1945. – № 10. – Р. 44–55.
3. Черчилль У. Мускулы мира. – М., 2002. – 481 с.
4. America's plans for war against the Soviet Union, 1945–1950./edited by Steven T. Ross and David Alan Rosenberg. – New York: Garland Pub., 1989–1990. – 418 p.
5. Решения партии и правительства по хозяйственным вопросам. /Сборник документов за 50 лет. – М., 1968. – Т. 3.
6. Бабаков А.Л. Вооруженные Силы СССР после войны (1945–1986 гг.): История строительства. – М., 1987. – 412 с.
7. Василенко Б.Е. Хождение в ракетную технику: записки главного инженера. – Киев: ООО «Новый друк», 2004. – 384 с.
8. Лобанов Л.М. Космические материалы и конструкции. / Информац. бюллетень совета космических исследований НАНУ. – 2004. – № 2. – С. 20-22.
9. Хозин Г.С. Великое противостояние в космосе. – Москва: Вече, 2001. – 416 с.
10. Маслов Г.А. К итогам совещания по сварочным работам в авиационной промышленности.// Автогенное дело. – 1948. – № 2. – С. 32–33.
11. Handforth J.R. Practical aspects of the argon arc welding of aluminum alloys.// «Welding and riveting larger aluminum structures». – Alum. Development Associat. – 1951. – Р. 44–77.
12. Бродский А.Я. Аргонодуговая сварка металлов малых толщин.// Автогенное дело. – 1948. – № 10. – С. 11–17.
13. Черток Б.Е. Ракеты и люди. Горячие дни холодной войны. – М.: Машиностроение, 2007. – 701 с.
14. Матийко М.М. Развитие дуговой электросварки на Украине. – Киев: Изд-во АН УССР, 1960. – 155 с.
15. Рабкин Д.М. Новый способ автоматической сварки алюминия.// Автоматическая сварка. – 1953. – № 4. – С. 45–50.
16. Платонов В.П., Горбулин В.П. Михаил Кузьмич Янгель. – Киев: Наукова думка, 1979. – 119 с.
17. Андреев Л.В., Конюхов С.Н. Янгель – уроки и наследие. – Днепропетровск: Изд-во «Арт-Пресс», 2001. – 521 с.
18. Малиновский Б.Н. Академик Борис Патон – Труд на всю жизнь. – М.: Изд-во «ПЕР СЭ», 2002. – 271 с.
19. Патон Б.Е. Металлическая мощь космической техники.// Мироззрение. – 2011. – № 5. – С. 4-7.

●#1281

ТЕХНИЧЕСКАЯ ЛИТЕРАТУРА

Название книги	Цена (руб.)*
В. М. Литвинов, Ю. Н. Лысенко. Кислородная резка и внепечной нагрев в тяжелом машиностроении. 2017. — 368 с.	600
В. И. Лакомский, М. А. Фридман. Плазменно-дуговая сварка углеродных материалов с металлами. 2004. — 196 с.	400
А. Н. Корниенко. История сварки. под ред. акад. Б. Е. Патона. — 2004 г. — 210 с.	700
А. А. Кайдалов. Электронно-лучевая сварка и смежные технологии. Издание 2-е, переработанное и дополненное. 2004. — 260 с.	500
В. Я. Кононенко. Газовая сварка и резка. 2005. — 208 с.	400
С. Н. Жизняков, З. А. Сидлин. Ручная дуговая сварка. Материалы. Оборудование. Технология. 2006. — 368 с.	500
А. Я. Ищенко и др. Алюминий и его сплавы в современных сварных конструкциях. 2006. — 112 с. с илл.	400
П. М. Корольков. Термическая обработка сварных соединений. 3-е изд., перераб. и доп. 2006. — 176 с.	400
А. Е. Анохов, П. М. Корольков. Сварка и термическая обработка в энергетике. 2006. — 320 с.	500
Г. И. Лащенко. Способы дуговой сварки стали плавящимся электродом. 2006. — 384 с.	500
А. А. Кайдалов. Современные технологии термической и дистанционной резки конструкционных материалов. 2007. — 456 с.	500
П. В. Гладкий, Е. Ф. Переpletчиков, И. А. Рябцев. Плазменная наплавка. 2007. — 292 с.	500
** А. Г. Потапьевский. Сварка в защитных газах плавящимся электродом. Часть 1. Сварка в активных газах. 2007. — 192 с.	500
Г. И. Лащенко, Ю. В. Демченко. Энергосберегающие технологии послесварочной обработки металлоконструкций. 2008. — 168 с.	400
Б. Е. Патон, И. И. Заруба и др. Сварочные источники питания с импульсной стабилизацией горения дуги. 2008. — 248 с.	400
З. А. Сидлин. Производство электродов для ручной дуговой сварки. 2009. — 464 с.	600
В. Н. Радзиевский, Г. Г. Ткаченко. Высокотемпературная вакуумная пайка в компрессоростроении. 2009. — 400 с.	500
В. Н. Корж, Ю. С. Попиль. Обработка металлов водородно-кислородным пламенем. 2010. — 194 с.	400
Нормирование расхода покрытых электродов при ручной дуговой сварке и наплавке. Нормирование расхода сварочных материалов при сварке под флюсом. Справочные пособия. 2008. — 68 – 68 – 40 с.	200
** Г. И. Лащенко. Современные технологии сварочного производства. 2012. — 720 с.	400

* Цены на книги указаны без учета стоимости отправки.

** Продается только в электронной версии.

Тарифы на рекламу в 2020 г.

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

(* все цены в руб. с НДС)

Изготовление оригинал-макета

- 10% стоимости рекламной площади

Статья на правах рекламы

- 1 стр. — 12 000 руб.

Прогрессивная система скидок

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

Требования к оригинал-макетам

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

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

e-mail: welder.kiev@gmail.com

www.welder.stc-paton.com

Подписка-2020 на журнал «Сварщик в России»

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

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

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

На электронную версию журнала можно подписаться в редакции или на сайте:
www.welder.stc-paton.com (скидка 30 %)