

2 (84) 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

№ 2 2020

В РОССИИ

СОДЕРЖАНИЕ

Новости техники и технологий 4

Технологии сварки трением с перемешиванием

Сварка трением с перемешиванием алюминиевого сплава 6082 в водной среде.

П.А. Васильев, М.А. Шведов, В.С. Григорьев, И.А. Малов 6

Технологии сварки и эксплуатации трубопроводов

Прогнозирование структурных преобразований при первичной кристаллизации металла
в области кольцевых сварных швов трубопроводов из хромоникелевых сплавов.

А.С. Миленин, С.С. Козлитина, Л.И. Дзюбак 8

Технологии термообработки сварочных электродов

Показатели электрической и газовой печей для термообработки

сварочных электродов. Е.П. Шелепов. 14

Технологии ремонта в судоремонтном производстве

Ильичевский судоремонтный завод: технологические решения бюро сварки
при проведении ремонта изделий из алюминия и алюминиевых сплавов.

С.М. Хачик, В.Г. Левицкий, О.В. Игнатенков. 18

Оборудование для производства

Резак РГКМ-800 для кислородной резки металлических заготовок толщиной
до 800 мм. В.М. Литвинов, Ю.Н. Лысенко, С.А. Чумак 20

Охрана труда и стандартизация

Современные требования безопасности к системам управления

машин и механизмов. О.Г. Левченко, С.Ф. Каштанов. 24

Страницы истории ИЭС им. Е.О. Патона.

К 150-летию Е.О. Патона.

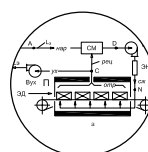
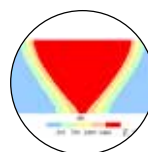
Евгений Оскарович Патон - выдающийся ученый в области мостостроения и сварки,
основатель Института электросварки (часть 1). Корниенко А.Н. 28

Страницы истории ИЭС им. Е.О. Патона.

К 150-летию Е.О. Патона. К 75-летию Победы

Евгений Оскарович Патон - выдающийся ученый в области мостостроения и сварки,
основатель Института электросварки (часть 2). Корниенко А.Н. 32

Выставки 39



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 дд.мм.2020. Формат 60×84 1/8.

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

Заказ № xxxx от дд.мм.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. Пустовойт, И. А. Рябцев, 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-patona.com

Подписка-2020

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

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

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

News of technique and technologies 4

Technologies of friction welding with stirring

Friction welding with stirring of an aluminum alloy 6082 in an aqueous medium.

P.A. Vasiliev, M.A. Shvedov, V.S. Grigoryev, I.A. Malov. . . 6

Technologies for welding and operation of pipelines

Prediction of structural transformations during primary crystallization of metal in the field of ring welds of pipelines made of chromium-nickel alloys.

A.S. Milenin, S.S. Kozlitina, L.I. Dzyubak. 8

Technologies of heat treatment welding electrodes

Indices of electric and gas furnaces for heat treatment of welding electrodes.

E.P. Shelepov 14

Repair technologies in ship repair production

Illichivsk Shipyard: technological solutions of the welding bureau during the repair of aluminum and aluminum alloy products.

C.M. Khachik, V.G. Levitskiy, O.V. Ignatenkov 18

Equipment for the production

RGKM-800 cutter for oxygen cutting of metal workpieces up to 800 mm thick.

V.M. Litvinov, Yu.N. Lysenko, S.A. Chumak 20

Labor protection and standardization

Modern security requirements for control systems machines and mechanisms.

O.G. Levchenko, S.F. Kashtanov 24

Pages of history of the E.O. Paton EWI.

To the 150-th anniversary of E.O. Paton.

Evgeniy Oskarovich Paton is an outstanding scientist in the field of bridge construction and welding, the founder of the Institute of Electric Welding (part 1).

A.N. Kornienko. 28

Pages of history of the E.O. Paton EWI.

To the 150-th anniversary of E.O. Paton.

To the 75-th anniversary of the Victory

Evgeniy Oskarovich Paton is an outstanding scientist in the field of bridge construction and welding, the founder of the Institute of Electric Welding (part 2).

A.N. Kornienko. 32

Exhibitions 39

Сварка трением с перемешиванием алюминиевого сплава 6082 в водной среде.

П.А. Васильев, М.А. Шведов, В.С. Григорьев, И.А. Малов

Проведены опытные работы по сварке трением с перемешиванием в водной среде алюминиевого термоупрочняемого сплава 6082. Установлено различие режимов сварки, заключающееся в снижении скорости сварки с одновременным увеличением электрической мощности, потребляемой электроприводом шпинделя сварочной установки, что приводит к двукратному увеличению удельной мощности, приходящейся на единицу длины сварного шва. Измерены значения микротвердости в поперечном сечении шва. Последующая термическая обработка полученных образцов восстановила прочностные характеристики материала в области сварного шва до величин основного металла.

Прогнозирование структурных преобразований при первичной кристаллизации металла в области кольцевых сварных швов трубопроводов из хромоникелевых сплавов.

А.С. Миленин, С.С. Козлитина, Л.И. Дзюбак

Рассмотрено характерное явление снижения коррозионной стойкости (сенсбилизации) нержавеющей хромистых и хромоникелевых сталей в области монтажных кольцевых сварных швов технологических трубопроводов. Предложен численный подход интегральной оценки развития процессов сенсбилизации на основе результатов численного моделирования кинетики температурных полей, использование которого продемонстрировано для типичных случаев одно- и многопроходной сварки кольцевых соединений трубопроводных элементов. Рассмотрен характерный пример экспертного анализа состояния трубопроводов АЭС, исходя из позиции определения причин формирования стресс-коррозионных межкристаллитных трещин.

Показатели электрической и газовой печей для термообработки сварочных электродов.

Е.П. Шелепов

Рассмотрены теплотехнические аспекты перевода электрической печи на природный газ. Приведена тепловая схема электропечи и ее изменение при переводе на газ. Рассмотрено тепловлажностное состояние газов в обеих схемах. Сопоставлены расходы сушильного агента и затраты энергии. Показано, что газовая печь, несмотря на более низкие теплотехнические показатели, имеет меньшие эксплуатационные расходы на энергоносители.

Ильичевский судоремонтный завод: технологические решения бюро сварки при проведении ремонта изделий из алюминия и алюминиевых сплавов.

С.М. Хачик, В.Г. Левицкий, О.В. Игнатенков

Статья посвящена сварке деталей, узлов, металлоконструкций из сплавов на основе алюминия в судостроении и судоремонте (АМг, АМц, силумин). Надстройки на судах прибрежного плавания, прогулочных катерах, металл мотоботов, спасательных шлюпок, изготавливаются из алюминиево-магниевого сплава. Описаны способы и виды сварки металлоконструкций, деталей и узлов из сплавов на основе алюминия, выполняемые специалистами Ильичевского СРЗ.

Резак РГКМ-800 для кислородной резки металлических заготовок толщиной до 800 мм.

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

Разработан и внедрен на ЧАО «НКМЗ», ЧАО «ЭМСС» (Краматорск) и ДП «УБ и ВТ» (Сумы) газокислородный резак РГКМ-800 для резки заготовок в холодном и горячем состоянии толщиной до 800 мм. Внедрение резака РГКМ-800 позволило экономить газы – энергоносители (кислород, горючий газ) за счет облегчения переустановки мундштуков, рассчитанных на конкретную толщину заготовки, обеспечивая оптимальные режимы резки. Приведены технические характеристики резака, описаны его устройство и работа, представлены чертежи основных узлов и деталей, имеющих расчетные каналы. На конкретных примерах показана работа резака при фигурной резке поковок «нагорячо» и в холодном состоянии. Показана работа резака на МНЛЗ у кристаллизатора (температура слитка 800 °С) и на рольганге (400 °С). Качество поверхности реза проиллюстрировано photographиями.



В России создана новая технология сварки алюминиевых сплавов трением

Новая технология сварки трением позволит уйти от применения заклепок в авиастроении, сделав фюзеляжи самолетов более легкими. Это приведет к снижению топливных затрат и поможет снизить цены на перелеты. Инновационный способ сварки планируют использовать и при постройке космического корабля «Федерация», корпус которого будет создан из нового сверхлегкого сплава. В основе технологии – механическое воздействие вращающегося сверла, которое разогревает материал и перемешивает его, плюс воздействие ультразвука, способствующего размягчению сплава. В результате получается надежный и герметичный шов, прочность которого выше, чем у основного материала изделия.

Алюминиевые сплавы – одни из самых легких и прочных материалов, которые широко используют при создании фюзеляжей самолетов. Однако они имеют существенный недостаток – металлические детали на основе алюминия не получается надежно скреплять посредством традиционной сварки плавлением. В результате авиапроизводители вынуждены использовать заклепочные соединения, для создания которых им приходится накладывать элементы друг на друга, увеличивая общий вес конструкции. Как правило, такой подход негативно влияет на грузоподъемность современных самолетов, их расход топлива и в конечном счете на стоимость билетов. Решить данную проблему удалось российским ученым, которые разработали инновационный способ сварки авиационных деталей.

«В основе метода – нагрев металла соединяемых деталей до пластического состояния с помощью вращающегося инструмента из инструментальной стали», – рассказал директор Института физики прочности и материаловедения СО РАН Евгений Колубаев. «В результате воздействия материал из обеих кромок свариваемых деталей размягчается (не достигая плавления), «захватывается» сверлом и перемешивается, образуя прочное и герметичное соединение».

При этом для интенсификации процесса перемешивания и повышения качества сварных швов в процессе обработки было решено использовать мощное ультразвуковое (УЗ) излучение. В результате исследований были подобраны оптимальные параметры вибрационного воздействия (частота 22 кГц, амплитуда до 15 мкм), при ко-

торых достигается наиболее интенсивное перемешивание сплава. Это повышает производительность оборудования и уменьшает вероятность появления дефектов, что положительно сказывается на прочности соединения. Нововведения коснулись и инструмента для подведения ультразвука к свариваемым поверхностям – так учеными был разработан титановый резонансный волновод, который надежно соединяет источник излучения со свариваемой деталью.

Оборудование и создаваемые с его помощью соединения успешно прошли испытания. В результате теста на разрыв пробных образцов сварные швы показали высокую надежность и оказались прочнее основного материала.

Внедрение технологии в авиастроение может произойти в ближайшее время. Ученые не только создали сварочное оборудование, но и разработали программно-аппаратный комплекс для контроля соединений, получаемых в результате его применения. Система позволяет проводить УЗ диагностику, цифровую рентгенографию, тепловизионный контроль и контроль методом вихревых токов. Комплекс предполагается использовать как в процессе проведения сварки – для недопущения брака, так и в ходе испытаний при эксплуатации элементов фюзеляжа.

«Помимо соединения авиационных деталей с помощью новой установки можно изготавливать космические аппараты», – подчеркнул Евгений Колубаев. «В частности, нашу технологию планируется использовать при создании корабля «Федерация», корпус которого будет состоять не из традиционного для отрасли сплава АМг6 (алюминий+магний), а из нового более прочного российского сплава, который проблематично сварить с помощью классических методов». В результате внедрения новой технологии внешнюю оболочку корабля получится облегчить на 20-30%.

www.weldworld.ru

● #1226



Новые технологии в сварке металлов

В лазерном центре Санкт-Петербургского ЦНИИ РТК ведутся исследования в области новых технологий сварки металлов. Ученые исследуют процесс, представляющий собой взаимодействие двух тепловых источников нагрева: лазера и плазменного пучка. Связав эти два процесса, можно получить новую эффективную и относительно недорогую технологию сварки. Область ее возможного применения простирается от автомобилестроения до строительства магистральных трубопроводов. Технологический макет роботизированного комплекса предназначен для исследований, проводимых в области гибридной лазерно-дуговой сварки.

Рассмотрен процесс, представляющий собой взаимодействие двух тепловых источников нагрева. Первый источник – это источник лазерного высококонцентрированного излучения, а второй – это источник плазмы, который дает более широкие характеристики и более дешевый вид энергии для тепловложения, но имеет ряд недостатков с точки зрения качества получаемого сварного соединения. Идея скомбинировать – не нова. Комбинируют сейчас многое, не только плазму с лазером. Размещать дорогой лазер с дешевым теплом, например, световым, индукционным – это сегодня одно из основных перспективных направлений в мире. Предварительно этот процесс был промоделирован

математически и одной из задач исследований являлась проверка математической модели на адекватность и точность воспроизведения процесса.

Актуальность данной работы основана на ряде проблем, которые существуют в судостроении и автомобилестроении. Например, проблема необходимости деформации тонколистовой стали после сваривания. Это характерно для кузовных деталей автомобилей. После сварки им должна быть придана определенная форма; должна быть определенная пластичность сваренной заготовки.

Комплекс использовался для совместных прикладных исследований с Центром перспективных исследований АвтоВАЗа для производства стальных кузовных частей автомобилей ВАЗ. Новые технологии в сварке готовы широко использовать в производстве.

www.nanolife.info, www.rtc.ru

● #1227



ЦНИИТМАШ и Bureau Veritas начинают работы по аттестации персонала и технологий сварки по еuronормам в России

АО «НПО «ЦНИИТМАШ» (входит в машиностроительный дивизион «Росатом» – АО «Атомэнергомаш») стал первым в России официальным партнером Bureau Veritas Exploitation S.A.S (Франция), привлекаемым к работам по аттестации персонала и технологий в области сварки по европейским нормам. В рамках договора о партнерстве организаций ЦНИИТМАШ и Bureau Veritas будут вести совместную работу по аттестации персонала и сварочных технологий по европейским нормам. Чтобы это стало возможным, в марте экспертная комиссия Bureau Veritas провела обучение для 4 специалистов по сварке ЦНИИТМАШ: Дмитрия Ходакова, Дмитрия Пралиева, Александра Абросина, Константина Денисова. Теоретическая часть курса проводилась в формате лекций и итогового теста, а практическая предполагала контроль процедур по аттестации сварщиков на реальных образцах и прошла на базе Сварочно-технологического центра (СТЦ) ЦНИИТМАШ – отраслевого центра компетенций Росатома по сварочным технологиям. Благодаря обучению в Bureau Veritas специалисты института получили право совместно с представителями Bureau Veritas проводить аттестацию сварщиков и процедуры проведения сварки – сварочной технологии, а также технической документации на них. Делать это они уполномочены как на площадке заказчика, так и на базе СТЦ.

«ЦНИИТМАШ – на сегодняшний день единственная в России организация, участвующая в работах по аттестации сварки по стандартам Bureau Veritas, соблюдая все внутренние регламенты этой компании и еuronормы. Теперь, если компания подаст заявку на оказание этих услуг на территории России, запрос будет выполнен с участием специалистов ЦНИИТМАШ. И это большая честь

и ответственность для нас», – говорит Виктор Орлов, генеральный директор ЦНИИТМАШ. «Мы предполагаем, что это очень перспективное направление, которое облегчит работу российским поставщикам: ведь все, что производится сейчас и будет производиться для АЭС в Европе, должно аттестовываться в соответствии с европейским законодательством и существующими там стандартами. И благодаря нашему соглашению с Bureau Veritas, аттестовывать сварщиков и процедуры сварки в атомной промышленности на территории России теперь станет проще и быстрее».

Меморандум о взаимопонимании между ЦНИИТМАШ и Bureau Veritas был заключен в апреле 2019 г. на площадке форума «Атомэкспо». Согласно Меморандуму, стороны высказали заинтересованность в организации сотрудничества по следующим направлениям: объединение квалифицированных ресурсов в Европе и России для предоставления потенциальным клиентам услуг в области аттестации сварочных процедур и сварщиков в соответствии с требованиями международных стандартов, а также разработка и проведение тренинговых курсов, посвященных требованиям европейских стандартов в области сварки.

www.cniitmash.ru

● #1228

Компания ESAB объявила о перезапуске сварочных горелок

Компания ESAB, один из лидеров в области производства оборудования и расходных материалов для сварки и резки, объявила о перезапуске горелок TXH. Новые горелки будут маркироваться под брендом SR, который принадлежит ESAB.

В линейку вошли модели TIG SR-B 9, SR-B 17, SR-B 26, SR-B 26-HD, SR-B 18, SR-B 20, SR-B 21, SR-B 400, а также уникальная горелка с 3-мя расходными частями – ХСТ-В 400W. Все они предназначены для ручной сварки TIG.

В числе ключевых преимуществ серии – качество, надежность, эргономичность и универсальность. В зависимости от потребностей заказчика горелки доступны в версиях с водяным и воздушным охлаждением. Некоторые модели оборудованы гибкими головками, что позволяет свободно работать в ограниченных пространствах. Помимо этого, в линейку были добавлены горелки длиной 12 и 16 м, тогда как в предыдущей линии были только 4 и 8 м. Также при разработке была увеличена вариативность расходных частей, чтобы сделать оборудование компании еще более multifunctional.

Расходные части будут совпадать с теми, что использовались ранее, чтобы заказчики, которые уже используют горелки ESAB, при переходе на новые, не нуждались еще и в замене расходных частей. Изменятся только запчасти, поскольку сборка у горелок будет отличаться от предыдущих моделей.

Шарнирное соединение горелок обеспечит их свободное движение во всех направлениях без переключения кабелей, а компактный размер и высокая мощность сделают эту линию горелок оптимальным инструментом для ручной TIG сварки.

Новая линия выводит стандарты качества горелок на



новый уровень. При правильной эксплуатации они могут служить существенно дольше, нежели аналоги, повышая тем самым эффективность всех производственных процессов.

«Мы регулярно перезапускаем оборудование, которое становится популярно в регионе, чтобы наши заказчики получали еще более современные и эффективные решения их производственных задач. Принимая во внимание ключевые пожелания сварщиков и передовые мировые разработки, нам удастся выпускать действительно качественную и востребованную на рынке продукцию. Так, совместно с нашими заказчиками мы совершенствуем всю сварочную отрасль», – отмечает Андрей Седов – начальник отдела стандартного оборудования ESAB в России и СНГ.

● #1229

Сварка трением с перемешиванием алюминиевого сплава 6082 в водной среде

П.А. Васильев, М.А. Шведов, В.С. Григорьев, Чувашский государственный университет,
И.А. Малов, ЗАО «Чебоксарское предприятие «Сеспель» (Чебоксары).

В настоящее время в транспортном машиностроении широко применяются алюминиевые сплавы по причине их очевидных преимуществ. Номенклатура применяемых сплавов достаточно разнообразна с учетом требований применительно к конкретным видам изделий. Одним из основных используемых при этом технологических процессов является сварка заготовок и отдельных конструктивных элементов. Технология сварки хорошо изучена и описана в соответствующих нормативных документах. Наряду с классической электродуговой сваркой все большее распространение получает сварка трением с перемешиванием. Одним из преимуществ данного способа сварки является исключение плавления материала и последующего процесса кристаллизации, что способствует сохранению прочностных свойств материала в области сварного шва. Исключением являются алюминиевые термоупрочняемые сплавы. Нагрев материала при сварке стирает предыдущую историю их производства и значительно снижает прочностные свойства [1].

С целью лучшего понимания физических процессов, имеющих место при сварке трением с перемешиванием, нами были проведены опытные работы по сварке алюминиевого сплава 6082 в водной среде (для снижения температуры и уменьшения нагрева материала). В качестве образцов были использованы пластины толщиной 12 мм. Сварка производилась на установке ERNEST Чувашского государственного университета. На рис. 1 показана специально из-

готовленная водяная ванна, установленная на орбренном радиаторе. Образцы, сваренные на воздухе и в воде представлены на рис. 2.1, 2.2 соответственно. Использовался инструмент с диаметром заплечика 22 мм и высотой бура 10 мм. Режим сварки на воздухе следующий: частота вращения инструмента n – 335 об/мин, вертикальное усилие на инструменте F – 2700 кгс, скорость сварки v – 2,0 мм/сек, электрическая мощность N , потребляемая электроприводом шпинделя, 5 кВт. При сварке в воде при тех же оборотах инструмента потребовалось уменьшить скорость сварки v до 1,5 мм/сек, одновременно увеличив усилие на инструменте F до 2800 кгс,



Рис. 2.1. Внешний вид образца сплава 6082 после сварки на воздухе



Рис. 2.2. Внешний вид образца сплава 6082 после сварки в воде



Рис. 3.1. Макрошлиф образца сплава 6082 после сварки на воздухе



Рис. 3.2. Макрошлиф образца сплава 6082 после сварки в воде



Рис. 1. Водяная ванна

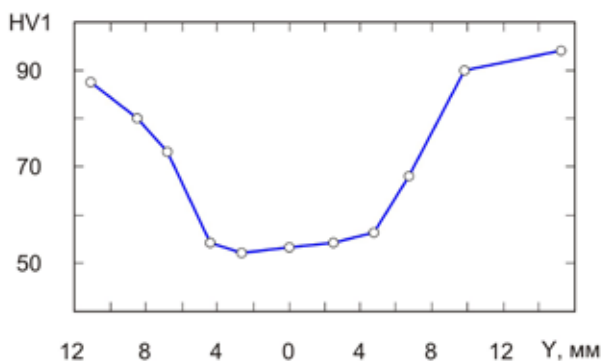


Рис. 4.1. Распределение микротвердости в поперечном сечении сварного шва образца сплава 6082 после сварки в воздухе

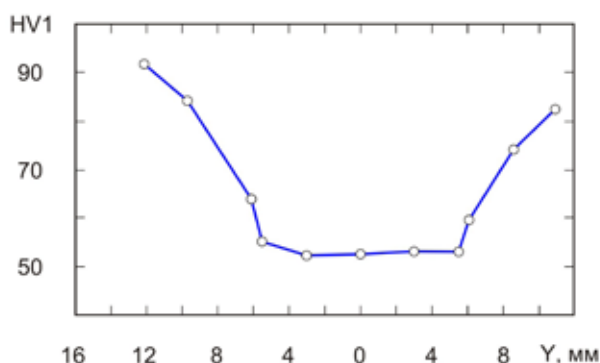


Рис. 4.2. Распределение микротвердости в поперечном сечении сварного шва образца сплава 6082 после сварки в воде при этом потребляемая электрическая мощность N возросла до 6,5 кВт. Уровень воды составлял 15-20 мм над поверхностью образца.

Макрошлифы полученных образцов представлены на рис. 3.1, 3.2. С целью оценки механических свойств было измерено распределение микротвердости в поперечном сечении сварного шва. Результаты измерений показаны на рис. 4.1, 4.2. По результатам измерений можно сделать вывод об отсутствии видимых различий между образцами. Параметры режима сварки указывают на практически двукратное увеличение удельной потребляемой мощности на единицу длины сварного шва с 2,5 кВт/мм до 4,3 кВт/мм. Очевидно, движение вещества при формировании сварного шва происходило в иных динамических условиях. Можно предположить, что при этом меняется микроструктура материала, однако это является предметом дополнительного лабораторного исследования.

В качестве логического завершения проделанной работы элементы полученных образцов были подвергнуты термической обработке: закалке при температуре 525 °С с последующим охлаждением в воде и старению при температуре 185 °С в течение 2 часов. Результаты измерения твердости в поперечном сечении сварного шва образцов после термической обработки представлены на рис. 5.1, 5.2. Измерения твердости HRB выполнялись твердомером

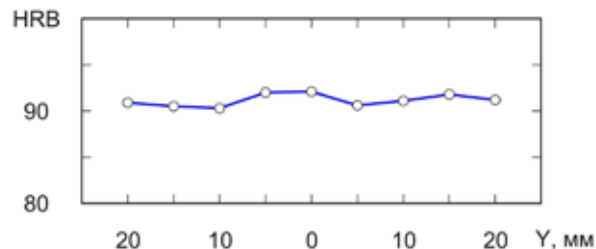


Рис. 5.1. Распределение твердости в поперечном сечении сварного шва образца сплава 6082 после сварки в воздухе и последующей термической обработки

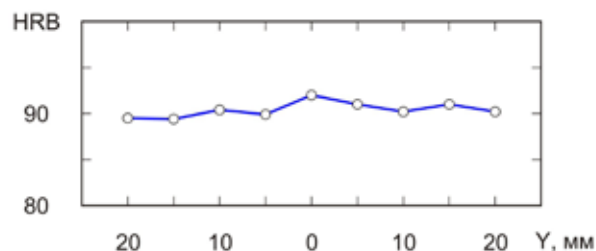


Рис. 5.2. Распределение твердости в поперечном сечении сварного шва образца сплава 6082 после сварки в воде и последующей термической обработки

ТК-2М при нагрузке 600 Н и диаметре шарика 1/16 дюйма (1,6 мм). Результаты измерений свидетельствуют о восстановлении механических свойств материала сварного шва до соответствующих значений основного металла.

Таким образом, показана возможность проведения сварки трением с перемешиванием в водной среде. Имеющее место при этом снижение температуры в области соприкосновения заплечика инструмента с поверхностью свариваемого материала будет способствовать увеличению ресурса инструмента. Описанный процесс может также представлять интерес при сварке разнородных материалов с различными механическими и физическими свойствами.

Литература

1. Дриц А.М., Овчинников В.В. Сварка алюминиевых сплавов. - М.: Издательство "Руда и металлы", 2017. - 440 с.
2. Васильев П.А., Осанов В.Н., Евграфов А.В., Калинин А.Г., Шведов М.А., Христофоров О.В., Григорьев В.С. Установка фрикционной сварки ERNEST. // Заготовительные производства в машиностроении. 2017. - Т. 15. - № 9. - С. 392-398.

●#1230

Прогнозирование структурных преобразований при первичной кристаллизации металла в области кольцевых сварных швов трубопроводов из хромоникелевых сплавов

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

Приведена методология прогнозирования влияния сварки трубопроводных элементов из нержавеющей хромистых и хромоникелевых сталей на степень сенсibilизации металла и повышения его склонности к межкристаллитной коррозии. Предложен численный метод интегральной оценки развития процессов сенсibilизации, основанный на расчете коэффициента степени сенсibilизации и соответствующих температурно-временных диаграммах конкретной стали. На практических примерах продемонстрирован характер влияния монтажной сварки кольцевых швов трубопроводов на сопротивляемость металла коррозионному разрушению.

Межкристаллитная коррозия - это селективная коррозия, которая распространяется по границам зерен (ГЗ) нержавеющей аустенитных и ферритных сталей. В агрессивных коррозионных средах активируется разведение обедненных хромом зон вдоль ГЗ за счет преимущественного выделения карбидов в этих объемах, тогда как необходимые хромом объемы (тело зерен) остаются пассивными. Процесс коррозии проходит вдоль ГЗ, что приводит к образованию глубоких трещин и межзеренного разрушения (рис. 1, а) [1, 2]. Причиной возникновения этого типа коррозии является образование карбидов хрома, которое происходит после термической обработки (сенсibilизации) в области 450-850 °С для аустенитных сталей и выше 900 °С - для ферритных. При выделении карбидов хрома по ГЗ происходит обеднение хромом прилегающих объемов. Также

сильному снижению концентрации хрома в приграничных объемах способствует слишком высокое содержание углерода в стали или низкое соотношение титан - углерод (концентрация титана ниже четырехкратного содержания углерода).

Известно, что при нагреве аустенитных хромоникелевых сталей выше 1000 °С и при дальнейшей закалке карбиды хрома, которые ранее выделились, растворяются [3]. В этом состоянии межкристаллитной коррозии не наблюдается, но при дальнейшем нагреве (сенсibilизации) сталь снова оказывается подверженной межзеренному разрушению из-за межкристаллитной коррозии, поскольку карбиды хрома снова выделяются по ГЗ. Для повышения устойчивости против межзеренного разрушения после сварки достаточно снизить содержание углерода в используемых сталях ниже 0,07%, т. к. при сварке происходит только кратковременный нагрев в критическом диапазоне температур. При длительной выдержке в диапазоне температур 450-850 °С необходимо использование сталей с содержанием углерода ниже 0,03%.

На современных АЭС достаточно широко используются трубопроводы, сосуды давления и оборудование, в которых нержавеющая сталь типа X18H, при содержании углерода в пределах 0,08-0,11%, применяется в качестве основного материала (ОМ) или как защитное покрытие (ЗП). Это, например, трубопроводы реакторов типа РБМК (ОМ - 08X18H10T), трубопроводы систем аварийного охлаждения активной зоны (САОЗ) на всех ре-

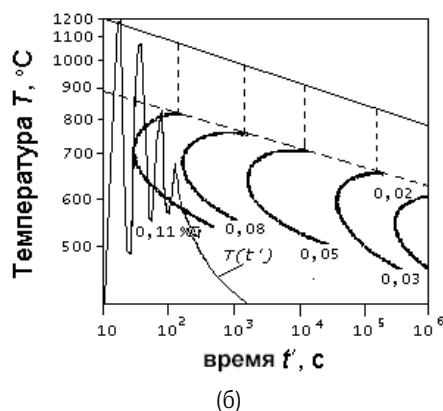
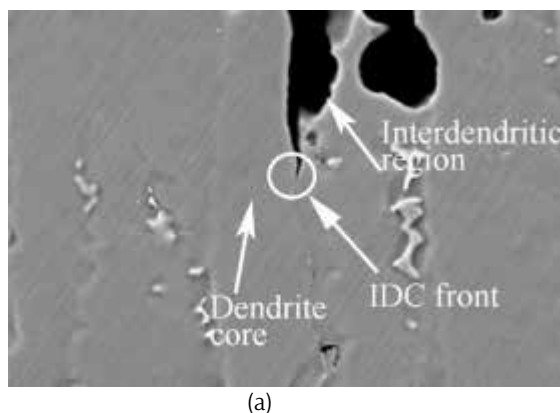


Рис. 1. Пример развития межкристаллитной коррозии (СЭМ) (а) и температурно-временные диаграммы сенсibilизации (б) [1, 2]

акторах типа ВВЭР-1000 (ОМ - 08Х18Н10Т), ЗП корпусов реакторов ВВЭР-1000 и большинства ВВЭР-440, ЗП для главных циркуляционных трубопроводов, коллекторов парогенераторов типа ПГ-1000, состав покрытия которых имеет содержание углерода до 0,11% в случае применения электродов типа ЗИО-8, ЕА-798 и др. Указанное оборудование АЭС эксплуатируется при температурах не выше 280-320 °С, т. е. риск сенсibilизации хромоникелевых сталей при таких условиях незначительный, что следует из хорошо известных s-образных температурно-временных кривых сенсibilизации (резкого снижения свойств стали сопротивляемости коррозионному межкристаллитному разрушению за счет образования карбидов хрома по ГЗ), как показано на *рис. 1, б*. Из приведенных данных видно, что при температурах эксплуатации ниже 500 °С (а именно 473 °С), в характерных нержавеющих хромоникелевых сталях практически не происходит снижения сопротивляемости коррозии.

Однако отдельные технологические операции (обработка давлением при высоких температурах сварки и т. п.) могут при соответствующем нагреве изменить эксплуатационную стойкость стали в коррозионной среде [4, 5], что можно исправить в основном рекристаллизационным отжигом при температурах около 1200 °С. Для больших конструкций это не всегда возможно, поэтому имеют практический интерес достаточно четкие представления о наличии сенсibilизации зон термического влияния (ЗТВ) при сварочном нагреве, связанным с изготовлением (ремонт) рассмотренных конструкций.

На сегодня оценка приобретенной сенсibilности конструкций из нержавеющих хромоникелевых сплавов в основном проводится на основе температурно-временных диаграмм, т. е. по результатам экспериментов на образцах при постоянной температуре, что значительно ограничивает их применение в случаях нестационарного нагрева. В ИЭС им. Е.О. Патона НАНУ предложена методика использования s-образных кривых температурно-временных диаграмм для количественной оценки степени сенсibilизации ЗТВ при сварочном нагреве на основе соответствующих термических циклов $T(t)$ [6]. Эта методика базируется на следующих допущениях:

- s-образная кривая $T(\tau)$ температурно-временной диаграммы определяет для стали данного состава физические изменения (например, количество образованных карбидов хрома по ГЗ), при которых риск появления межкристаллитных стресс-коррозионных трещин в условиях эксплуатации близок к 100%, т. е. степень сенсibilности $\chi = 1,0$ в точках данной кривой, τ – время выдержки образца при температуре T ;

- за время выдержки τ процесс накопления сенсibilности примерно равномерный по времени, т. е.:

$$\frac{d\chi}{d\tau} \approx \frac{1}{\tau};$$

- соответственно за время dt' термического цикла при температуре T :

$$d\chi(T) = \frac{dt'}{\tau(T)} \quad (1)$$

- сенсibilность вдоль кривой термического цикла, начиная от $t = 0$ до $t = t_k$:

$$\chi(t) = \int_0^{t_k} \frac{dt}{\tau(T)} \quad (2)$$

В приведенном алгоритме наибольшее упрощение предусматривает второй пункт, однако для инженерных оценок он может быть применен. Для подобных задач принято использовать математическую модель Авраами, а именно расчет количества новой фазы, которая образуется (в данном случае карбидов хрома) при температуре T , производится по следующей зависимости:

$$v(t) = v_c \cdot \left[1 - e^{-(k \cdot t)^n} \right], \quad (3)$$

где n, k – функции температуры, т. е. (3) аппроксимирует s-образные кривые температурно-временной диаграммы на *рис. 1, б* для соответствующих периодов $t = \tau$, при которых $v(t) = v_c$.

При этом:

$$\frac{dv}{dt} = \frac{\partial v}{\partial T} \cdot \frac{\partial T}{\partial t} \quad (4)$$

где $\frac{\partial v}{\partial T}$ по данным s-образной кривой или по (3) будут эквивалентны, а $\frac{\partial T}{\partial t}$ на основе термического цикла не зависит от s-образной кривой. Другими словами, аппроксимация s-образной кривой с помощью модели Авраами связана с предположением, которое обычно используется в модели Авраами относительно инженерных оценок кинетики фазовых превращений: параметры модели v_c, n, k остаются неизменными при данной температуре для различных t .

Таким образом, определение $\frac{\partial v}{\partial T}$ по (4) на основе данных s-образной кривой для критического состояния путем прослеживания вдоль кривой термического цикла $T(t)$, формально является использованием модели Авраами при предположениях, что ее параметры не изменяются в процессе преобразования.

Следует отметить, что в случае существенно неоднородного поля температур, особенно при многоточечной сварке, определение степени сенсibilизации по отдельным точкам расчетной дискретной сетки может давать ложное представление об общем снижении устойчивости сварного конструкционного элемента к межкристаллитной коррозии. Поэтому может быть рекомендован к применению интегральный расчетный коэффициент степени

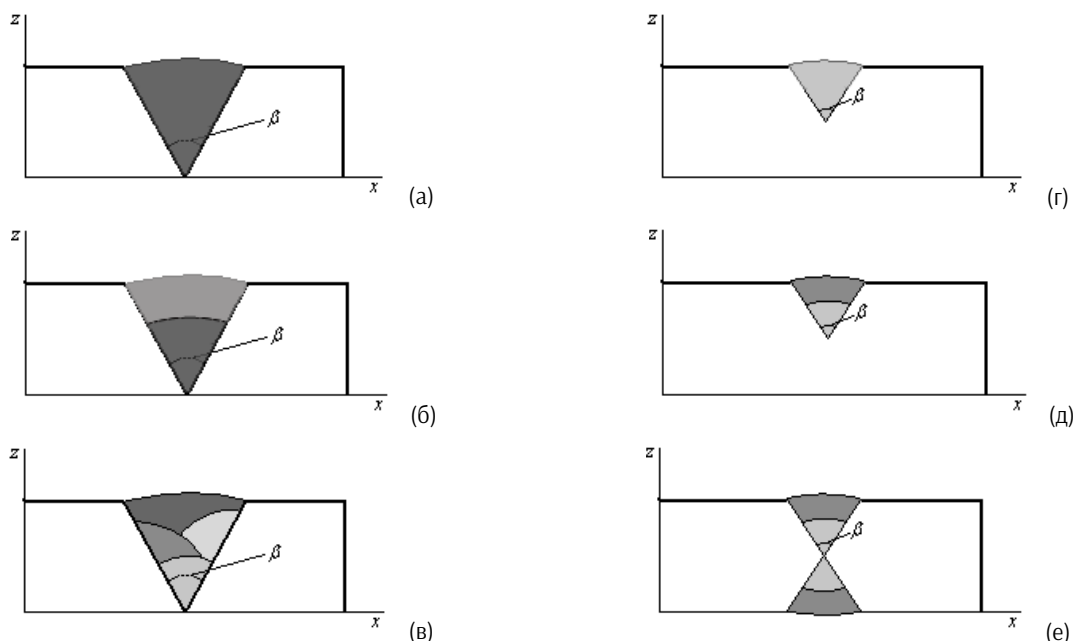


Рис. 2. Схемы однопроходной (а, г) и многопроходной (б, в, д, е) монтажной сварки кольцевых соединений трубопроводных элементов

сенсibilизации K_{ss} , который имеет следующее математическое выражение:

$$K_{ss} = \int_S \chi_i \frac{ds}{S}, \quad (5)$$

где S - площадь сечения конструкции.

Эффективность практического применения приведенных методик численного анализа степени сенсibilизации ответственных конструкций из нержавеющей хромистых и хромоникелевых сталей после сварки может быть продемонстрирована на конкретных примерах, связанных с технологическими трубопроводами, сосудами давления и оборудованием АЭС. Так в рамках этого исследования были рассмотрены характерные схемы одно- и многопроходной сварки кольцевых соединений трубопровода из стали 08X18H10T (сечением 350×20 мм), которые показаны на рис. 2.

На основе результатов численного прогнозирования кинетики температурного поля при различных параметрах тепловложения (сварочном токе I) в процессе монтажной сварки определялось остаточное распределение степени сенсibilизации χ с учетом оцифрованных зависимостей, приведенных на рис. 1, б. Как показано на рис. 3 на примере однопроходной сварки для V-образной разделки, увеличение сварочного тока I вызывает увеличение градиентов температурного поля в области ЗТВ. В свою очередь, это существенно повышает степень сенсibilизации металла по сравнению с режимами сварки на меньших токах: при уменьшении I от 600 до 350 А максимальное значение χ снижается более чем вдвое.

Аналогичные закономерности наблюдаются и при других схемах монтажной сварки, приведен-

Таблица 1. Расчетные значения интегрального коэффициента степени сенсibilизации K_{ss} при различных режимах и схемах монтажной сварки трубопроводных элементов

Количество проходов	Сварочный ток I , А	K_{ss}
V-образная разделка		
1	350	0,0000
1	400	0,0064
1	600	0,0570
2	220	0,0638
2	250	0,1086
2	300	0,1824
2	400	0,4275
4	160	0,2416
4	200	0,4029
4	400	1,0000
V-образная разделка (неполное проплавление)		
1	250	0,1139
1	400	0,3995
2	150	0,0466
2	400	0,8982
X-образная разделка		
2	150	0,0727
2	200	0,1527
2	250	0,3151
4	150	0,0560
4	200	0,1418
4	250	0,2921

ных на рис. 2. Как показано на рис. 4 - 8, уменьшение тепловложения улучшает общее состояние металла с позиции снижения его склонности к межкристаллитной коррозии, что характеризуется более низкими максимальными значениями χ в ме-

талле ЗТВ. Но максимальное значение χ не может служить однозначной характеристикой общего состояния металла из-за сложного пространственного перераспределения значений степени сенсibilизации, особенно, в случае многопроходной сварки. Поэтому рациональным является более точный численный анализ влияния режимов сварки и схемы разделки сварного соединения на сенсibilizацию металла трубопроводного элемента с помощью расчета интегрального коэффициента сте-

пени сенсibilизации K_{ss} согласно (5). Как показывают результаты численного анализа, значение K_{ss} аналогично максимальному значению χ снижается при уменьшении сварочного тока (табл. 1). Кроме того, увеличение количества сварочных валиков имеет в целом негативное влияние на общую степень сенсibilизации (увеличение K_{ss} в несколько раз), что обусловлено увеличением зоны повышенной сенсibilizности металла в результате повторного нагрева зоны сварки.

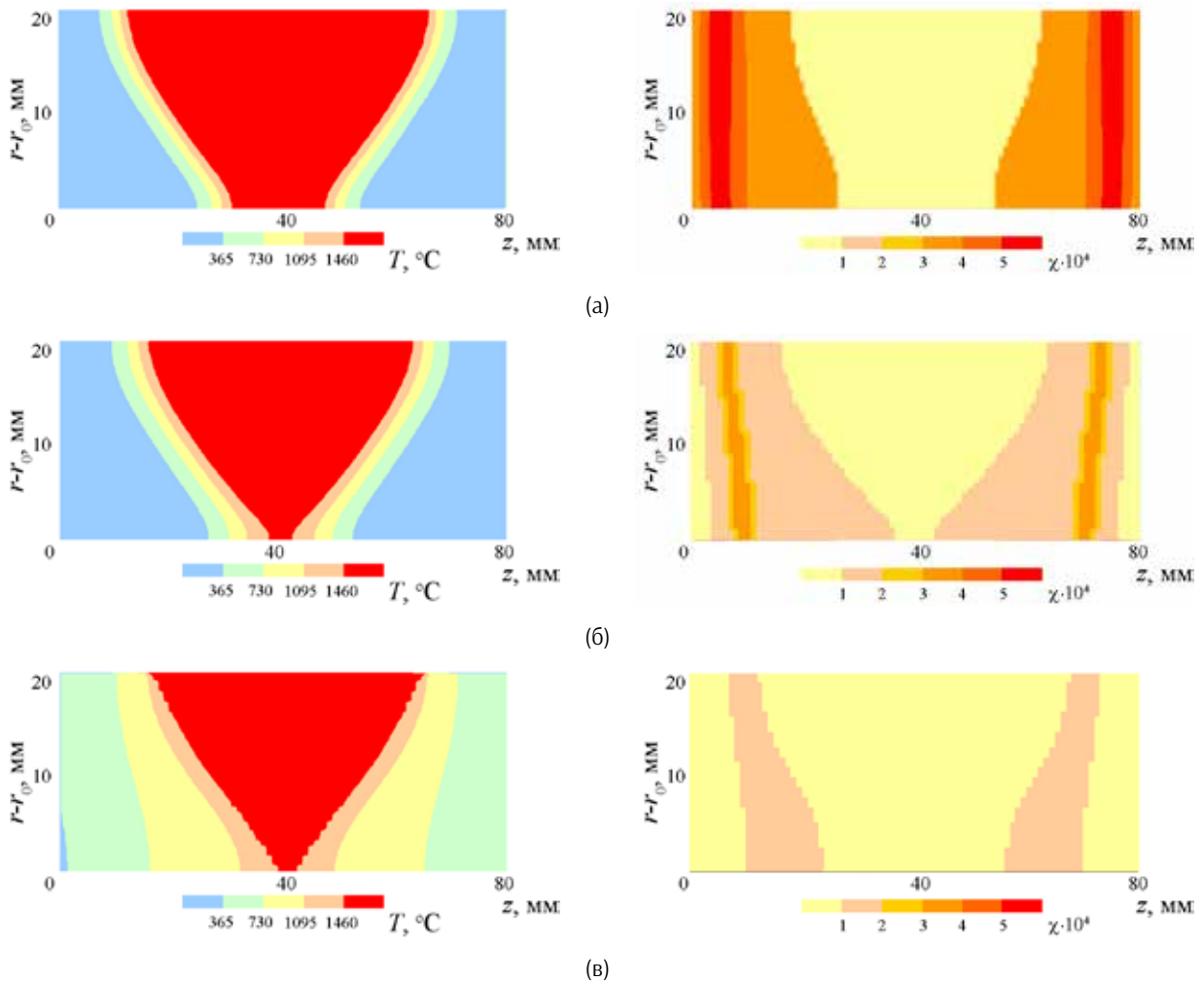


Рис. 3. Распределение максимальных мгновенных температур T и степени сенсibilизации для различных токов I монтажной сварки трубопроводного элемента по схеме (а) (рис. 2): а – $I = 600$ А, б – $I = 400$ А, в – $I = 350$ А

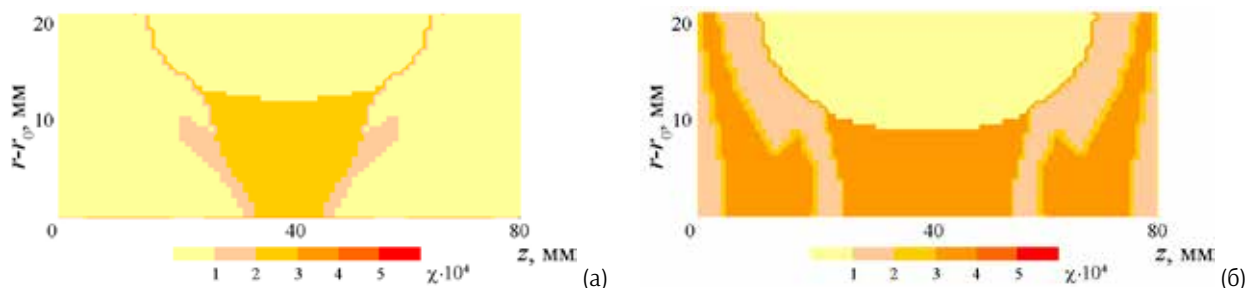


Рис. 4. Распределение степени сенсibilизации для различных токов I монтажной сварки трубопроводного элемента по схеме (б) (рис. 2): а – $I = 250$ А, б – $I = 400$ А

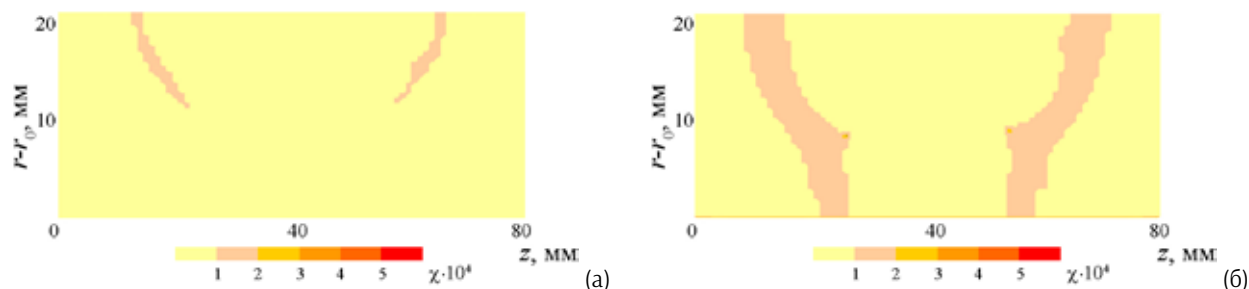


Рис. 5. Распределение степени сенсibilизации для различных токов I монтажной сварки трубопроводного элемента по схеме (в) (рис. 2): а – $I = 200$ А; б – $I = 400$ А

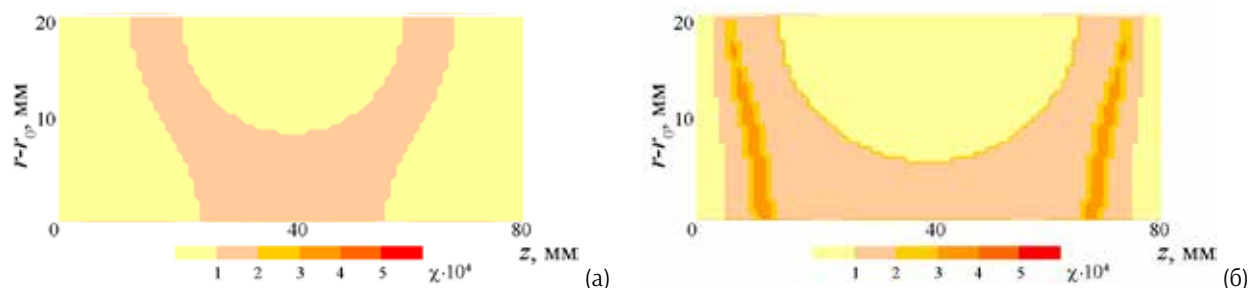


Рис. 6. Распределение степени сенсibilизации для различных токов I монтажной сварки трубопроводного элемента по схеме (г) (рис. 2): а – $I = 250$ А; б – $I = 400$ А

Рассмотрим характерный пример экспертизы состояния трубопроводов элементов систем АЭС. В октябре 1997 г. в период проведения среднего планового ремонта на энергоблоке № 3 Чернобыльской АЭС был проведен 100% контроль 1451 стыкового соединения трубопровода ДУ-300 первого контура многократной принудительной циркуляции. Из них 208 стыков имели дефекты, которые квалифицировались как трещины межкристаллитной коррозии под напряжением. Трубопроводы ДУ-300 сечением 325×16 мм эксплуатировались с апреля 1981 г., материал труб – сталь 08X18H10T, стыки заварены проволокой марки 04X19H11M3, что обеспечивает низкое содержание углерода в металле шва (на уровне менее 0,06%). В результате межкристаллитные трещины были обнаружены в ЗТВ вблизи внутренней поверхности. На рис. 9 приведены температурные циклы, связанные со сваркой за шесть проходов (с учетом корневого).

В табл. 2 приведены результаты расчета по данным рис. 9 величины χ_{Σ} , выполненного по формуле (1). Из этих данных видно, что $\chi_{\Sigma} \approx 0,15$, т. е. имеет место достаточно заметная степень сенсibilизации участков металла ЗТВ на внутренней поверхности трубы, с учетом дополнительных факторов (напряженное состояние в ЗТВ на внутренней поверхности и наличие коррозионной среды – вода первого контура при температуре ~ 280 °С) спо-

Таблица 2. Степень сенсibilизации по термическим циклам на рис. 9 в зависимости от проходов и суммарное значение χ_{Σ}

Проход	Корневой	1	2	3	4	5	χ_{Σ}
$\Delta\chi$	0,0085	0,0529	0,0536	0,0306	0	0	0,1456

собствовало зарождению и развитию повреждений – трещин межкристаллитной коррозии под напряжением. В ряде работ было показано, что вязкость разрушения металла ЗТВ стали 08X18H10T в зоне рассмотренных стыков ДУ-300 находится на уровне 65 МПа×м^{1/2}, т. е. значительно ниже таковой за пределами ЗТВ, где нет сенсibilизации.

Принимая во внимание все вышесказанное можно сделать следующие выводы.

1. Разработан комплекс математических моделей и компьютерных программ для прогнозирования влияния сварки трубопроводных элементов из нержавеющей хромистых и хромоникелевых сталей на степень сенсibilизации металла и повышение склонности к межкристаллитной коррозии. Предложен численный метод интегральной оценки развития процессов сенсibilизации, основанный на расчете коэффициента степени сенсibilизации K_{ss} и соответствующих температурно-временных диаграммах сенсibilизации конкретной стали.

2. Рассмотрено влияние одно- и многопроходной монтажной сварки трубопроводных элементов из нержавеющей стали на степень сенсibilизации металла. Показано, что повышение сварочного тока (и, соответственно, увеличение тепловложения) повышает склонность к сенсibilизации металла сварной конструкции. На основе определения интегрального коэффициента степени сенсibilизации K_{ss} было показано, что увеличение количества сварочных валиков имеет в целом негативное влияние на общую степень сенсibilизации (увеличение K_{ss} в несколько раз), что обусловлено увеличением зоны повышенной

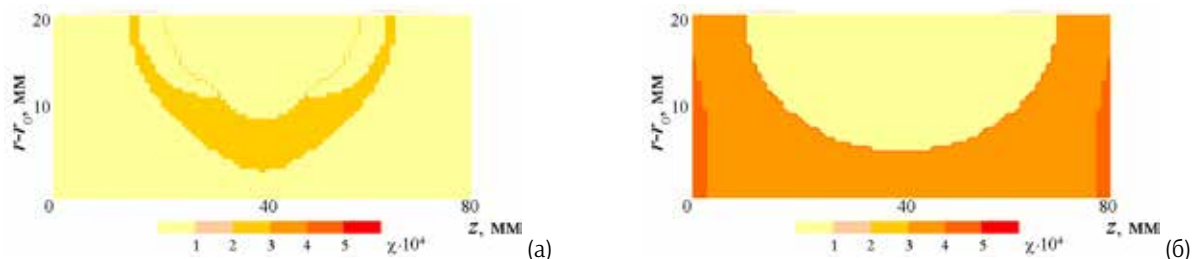


Рис. 7. Распределение степени сенсibilизации для различных токов I монтажной сварки трубопроводного элемента по схеме (д) (рис. 2): а – $I = 150$ А; б – $I = 400$ А

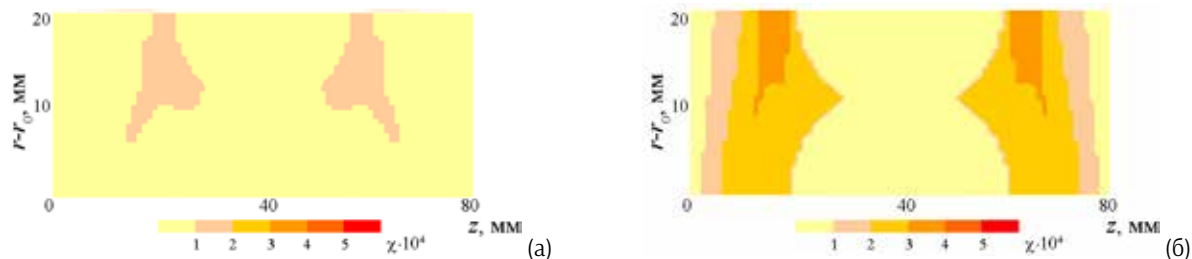


Рис. 8. Распределение степени сенсibilизации для различных токов I монтажной сварки трубопроводного элемента по схеме (е) (рис. 2): а – $I = 200$ А; б – $I = 250$ А



Рис. 9. Температурные циклы при многопроходной сварке трубопроводных элементов ДУ-300 первого контура многократной принудительной циркуляции

сенсibilности металла в результате повторного нагрева зоны сварки.

3. Рассмотрен характерный пример экспертизы состояния трубопроводных элементов систем АЭС (трубопровода ДУ-300 энергоблока № 3 Чернобыльской АЭС) в области монтажной сварки с точки зрения определения причин формирования стресс-коррозионных межкристаллитных трещин. Показано, что для данного случая зарождение дефектов объективно обусловлено существенной сенсibilизацией металла при сварке: коэффициент χ_{Σ} составляет около 0,15 для металла ЗТВ на внутренней поверхности трубы.

Литература

1. Lianyong Xu, Jianyang Zhang, Yongdian Han, Lei Zhao, Hongyang Jing. Insights into the intergranular corrosion of overlay welded joints of X65-Inconel 625 clad pipe and its relationship to damage penetration. // Corrosion Science. – 2019. – V. 160. – P. 108-169.

2. Welding handbook. Materials and applications. - Miami: AWS, 1998. – Pt. 2. – 621 p.

3. Unnikrishnan R., Satish Idury K.S.N., Ismail T.P., Bhadauria A., Shekhawat S.K., Khatirkar R.K., Sapate S.G. Effect of heat input on the microstructure, residual stresses and corrosion resistance of 304L austenitic stainless steel weldments. // Materials characterization. – 2014. – V. 93. - P. 10-23.

4. Yanhong Ye, Jianpeng Cai, Xiaohua Jiang, Deping Dai, Dean Deng. Influence of groove type on welding-induced residual stress, deformation and width of sensitization region in a SUS304 steel butt welded joint. // Advances in Engineering Software. – 2015. – V. 86. - P. 39-48.

5. Verma J., Vasantrao Taiwade R. Effect of welding processes and conditions on the microstructure, mechanical properties and corrosion resistance of duplex stainless steel weldments. A review. // Journal of Manufacturing Processes. – 2017. – V. 25. - P. 134-152.

6. Махненко В.И., Козлитина С.С., Дзюбак Л.И., Кравец В.П. Риск образования карбидов и σ -фазы при сварке высоколегированных хромоникелевых сталей. // Автоматическая сварка. – 2010. - № 12. - С. 9-12.

●#1231

Показатели электрической и газовой печей для термообработки сварочных электродов

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

Печи для сушки и прокалики сварочных электродов в большинстве электродных цехов работают на электроэнергии. Наряду с этим, на некоторых заводах применяются газовые печи. При имеющемся соотношении цен на электроэнергию и природный газ нередко возникает вопрос перевода электропечей на более дешевое газовое топливо. Однако, ответ на вопрос: «Одинаковы ли расходы энергии в том и другом случае?» - не очевиден.

В статье рассматриваются теплотехнические аспекты перевода электропечи на природный газ. При этом ставятся следующие задачи: показать изменение тепловой схемы, сравнить затраты энергии и эксплуатационные расходы на энергоносители.

В работе приняли, что на газ переводится рассмотренная ранее в [1] туннельная сушильная электропечь непрерывного действия. Тепловая схема такой электропечи приведена на рис. 1 а. В ней наружный воздух (*нар*, точка А) поступает в камеру смешения СМ, куда подаются также рециркулируемые из печи газы (*рец*, точка С). Полученная смесь газов (точка D) направляется в циркуляционный вентилятор В_ц, а затем – в электронагреватель ЭН, где она нагревается до состояния свежего сушильного агента (*сж*, точка N), подаваемого затем в печь П.

В печи сушильный агент отдает теплоту электродам ЭД и насыщается влагой, испаряемой из покрытия. Отработанный сушильный агент (*отр*), приобретший параметры точки С, после выхода из печи раздваивается на два потока – на рециркулируемые и уходящие (*ух*) газы. Рециркулируемые газы направляются в камеру смешения СМ, а уходящие – сбрасываются в атмосферу вентилятором уходящих газов В_{ух}. Печь имеет конвейер КОН для

перемещения садки с электродами.

При переводе электропечи на газ работа самой печи остается неизменной. Для этого сохраняются производительность печи (G , кг/с), количество испаренной из покрытия влаги (W , кг/с), температура сушильного агента на входе в печь (t_N , °С) и отработанного агента сушки (t_C , °С), количество свежего агента сушки, подаваемого в печь, влагосодержание газов на входе в печь (d_N , г/кг) и на выходе из нее (d_C , г/кг).

Система подготовки свежего агента сушки для газовой печи изменяется (рис. 1 б). Природный газ и наружный воздух (*нар*, точка А_{гор}), необходимый для горения, подаются в топку Т. Высокотемпературные газы, выходящие из топки (точка К), охлаждаются до температуры, необходимой для проведения технологического процесса в печи. Для этого сначала в смесительной камере СМ1 к продуктам горения подмешивают наружный воздух (*нар*, точка А_{см}). В точках А, А_{гор}, А_{см} воздух имеет одинаковую температуру и влагосодержание, но разные расходы.

На выходе из смесительной камеры СМ1 получают первично охлажденные газы (точка М). Эти газы направляют в смесительную камеру СМ2, куда подводят также рециркулируемый из печи сушильный агент (*рец*), имеющий параметры точки С. На выходе из смесительной камеры СМ2 получают свежий сушильный агент (*сж*) с параметрами точки N, который вентилятором В_ц направляется в печь П. Уходящие из печи газы (*ух*) вентилятором В_{ух} сбрасываются в атмосферу. Топку и обе смесительные камеры, как правило, конструктивно объединяют в одно цельное устройство.

Графическая связь между тепловой схемой печи

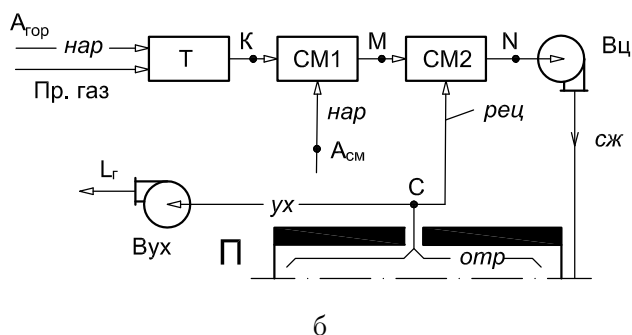
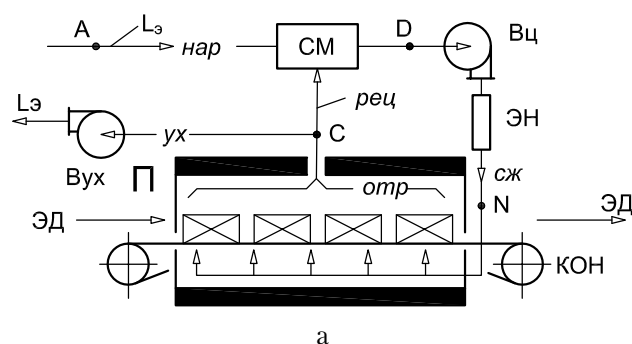


Рис. 1. Схемы электрической (а) и газовой (б) печей

и тепловлажностным состоянием газов, при их перемещении по установке, осуществляется при помощи Hd – диаграммы (рис. 2). На диаграмме: Н – энтальпия влажных газов, отнесенная к 1 кг сухих газов, кДж/кг; d – влагосодержание газов, также отнесенное к 1 кг сухих газов, г/кг; t – температура газов, °С. Цифровые величины на рис. 2 относятся к примеру, приведенному далее.

На Hd – диаграмме, построенной для электропечи, точки А, D, N, С соответствуют одноименным точкам на рис. 1 а. Линия АС характеризует смешение наружного воздуха с параметрами точки А и рециркулируемых газов с параметрами точки С в камере смешения СМ. В результате смешения этих потоков образуются газы с параметрами точки D. Полученная смесь направляется в электронагреватель ЭН. Процесс нагрева изображается вертикальной линией DN, поскольку температура и энтальпия газов возрастают ($t_N > t_D$ и $H_N > H_D$), а их влагосодержание остается неизменным, т.е. $d_D = d_N$. Здесь: d_D – влагосодержание газов на входе в электронагреватель, г/кг. На выходе из электронагревателя ЭН получается свежий сушильный агент с параметрами точки N. Линия NC – наиболее важная. Она характеризует процесс испарения влаги из покрытия, но не явным образом, а через изменение параметров сушильного агента, т.е. через его увлажнение (d растет от d_N до d_C) и охлаждение (t снижает-

ся от t_N до t_C).

Hd – диаграмма для газовой печи имеет другой вид. Продукты горения, выходящие из топки Т (точка К), имеют не только высокую температуру ($t_K = 1100 - 1300$ °С), но и высокое влагосодержание ($d_K > 140$ г/кг). Высокие значения d_K вызваны тем, что при взаимодействии водорода топлива и кислорода воздуха в топке Т образуются водяные пары. Кроме того, в продукты горения переходит влага, входящая в состав природного газа. Поэтому точка К, обозначающая параметры продуктов горения, расположена за пределами рис. 2.

Процесс смешения продуктов горения с наружным воздухом в смесительной камере СМ1 отображается состоянием газов на линии АК. Полученная в результате смесь газов приобретает параметры точки М. Смешение газов, имеющих параметры точки М, с рециркулируемыми газами, имеющими параметры точки С, в смесительной камере СМ2 изображается линией МNC.

Отрезок NC, как и в электрической печи, характеризует изменение состояния газов (снижение температуры и энтальпии при одновременном увеличении влагосодержания) в процессе удаления влаги из покрытия. Точка N показывает состояние свежего сушильного агента на входе в печь, а точка С – на выходе, т.е. рециркулируемых и уходящих газов.

В расчетах газовой печи наиболее трудоемкой операцией является получение параметров точки М. Они определяются в такой последовательности [2]. 1) Зная состав природного газа, находят высшую теплотворную способность топлива Q_B^P , кДж/кг, и теоретическое количество воздуха, необходимое для сгорания 1 кг газа. 2) Предварительно задается температура газов t_M , после чего находят α – суммарный коэффициент избытка воздуха, подаваемого в топку Т (точка $A_{гор}$) и в камеру смешения СМ1 (точка $A_{см}$ на рис. 1 б). 3) Подсчитывается количество сухих газов, поступающих в камеру смешения СМ1 из топки Т и с наружным воздухом. 4) Аналогично этому, подсчитывается количество водяных паров, поступающих в смесительную камеру СМ1 из топки Т и с наружным воздухом. 5) Находят влагосодержание газов d_M , г/кг, в точке М. 6) Это же влагосодержание d_M определяют с другой стороны – по тепловому балансу для смесительной камеры СМ2. Для такого расчета требуется иметь энтальпии газов в точках М, N, С и влагосодержания газов в точках С и N. 7) Уточняется температура t_M до совпадения d_M в пп. 5 и 6.

Перейдем к сравнению затрат энергии в электрической и газовой печах. Мощность $N_{Э}$, потребляемая электропечью из сети, расходуется электронагревателем $N_{ЭН}$, двигателями вентиляторов N_B и привода конвейера $N_{кон}$:

$$N_{Э} = N_{ЭН} + N_B + N_{кон}, \text{ кВт}, \quad (1)$$

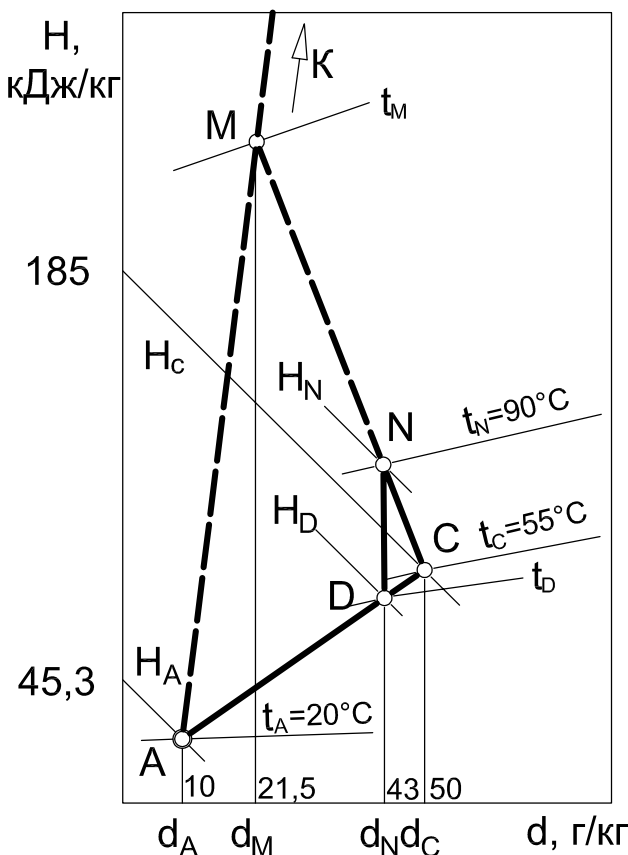


Рис. 2. Hd – диаграмма состояния газов для электрической (—) и газовой (----) печей

где: $N_{ЭН} = Q_{ЭН} / \eta_{ЭН}$, кВт; $Q_{ЭН}$ - мощность, потребная для теплового процесса в печи, кВт, $\eta_{ЭН}$ - КПД, учитывающий потери в окружающую среду электронагревателем и наружными трубопроводами; $\eta_{ЭН} = 0,9 - 0,95$.

Величину $Q_{ЭН}$ рассчитывали с помощью уравнения теплового баланса электрической печи [1]:

$$Q_{ЭН} = L_{Э} (H_C - H_A) + Q_{вл}^{ост} + Q_{П} + Q_{СТ} + Q_{ТР} + Q_{ОС} - Q_{ВЛ}, \text{ кВт}, \quad (2)$$

где: $L_{Э}$ - количество уходящих из электрической печи газов, оно равно количеству наружного воздуха, поступающего в печь, кг/с; H_C , H_A - энтальпия уходящих из печи газов и наружного воздуха, кДж/кг; $Q_{вл}^{ост}$, $Q_{вл}$ - тепловая мощность, вносимая в печь влагой в покрытия электродов и уносимая из печи, кВт; $Q_{П}$, $Q_{СТ}$, $Q_{ТР}$ - тепловая мощность, идущая на нагрев сухого покрытия, стержней и транспортных средств, кВт; $Q_{ОС}$ - тепловая мощность, теряемая печью в окружающую среду, кВт.

Введем обозначение: $D = Q_{вл}^{ост} + Q_{П} + Q_{СТ} + Q_{ТР} + Q_{ОС} - Q_{ВЛ}$. Тогда выражение (2) запишется:

$$Q_{ЭН} = L_{Э} (H_C - H_A) + D, \text{ кВт} \quad (3)$$

Мощность, потребляемая газовой печью $N_{Г}$, состоит из общей тепловой мощности топki $N_{ТОП}$ и мощности, расходуемой двигателями вентиляторов $N_{В}^Г$ и привода конвейера $N_{КОН}$:

$$N_{Г} = N_{ТОП} + N_{В}^Г + N_{КОН}, \text{ кВт}, \quad (4)$$

где: $N_{ТОП} = Q_{ТОП} / \eta_{ТОП} = B Q_{В}^П$, кВт; $Q_{ТОП}$ - тепловая мощность потока газов из топki, потребная для теплового процесса в газовой печи, кВт; $\eta_{ТОП}$ - КПД топki и газоходов, равный 0,8 - 0,9; B - расход природного газа, кг/с.

Величину $Q_{ТОП}$ рассчитывали также с помощью уравнения теплового баланса, которое аналогично уравнению (3) для электрической печи, но с заменой $Q_{ЭН}$ на $Q_{ТОП}$ и $L_{Э}$ на $L_{Г}$:

$$Q_{ТОП} = L_{Г} (H_C - H_A) + D, \text{ кВт}, \quad (5)$$

здесь: $L_{Г}$ - количество уходящих из газовой печи газов, кг/с.

Дальнейшее сравнение расхода энергии, потребной для теплового процесса в печах, проведем путем сопоставления выражений (3) и (5). Согласно работам [2, 3] имеем:

$$L_{Э} = 1000 \cdot W / (d_C - d_A), \text{ кг/с} \quad (6)$$

$$L_{Г} = 1000 \cdot W / (d_C - d_M), \text{ кг/с} \quad (7)$$

$$H_C = c_{св} \cdot t_c + d_C (r + c_{пар} \cdot t_c) / 1000, \text{ кДж/кг} \quad (8)$$

Отметим, что энтальпия уходящих газов для электрической и газовой печи будет одинаковой из-за равенства температур и влагосодержаний уходящих газов

$$H_A = c_{св} \cdot t_A + d_A (r + c_{пар} \cdot t_A) / 1000, \text{ кДж/кг}, \quad (9)$$

здесь: $c_{св}$, $c_{пар}$ - удельные теплоемкости сухого воздуха и пара, кДж/(кг · °С); d_A , t_A - влагосодержание, г/кг, и температура наружного воздуха, °С; r - теплота фазового превращения, кДж/кг.

Поскольку $(d_C - d_M) < (d_C - d_A)$, (Hd- диаграмма), то в соответствии с выражениями (6) и (7),

количество уходящих газов в газовой печи будет больше, чем в электрической, что влечет за собой перерасход энергии в газовой печи.

Подытоживая сравнение мощности, потребляемой электронагревателем ($N_{ЭН}$) и топкой ($N_{ТОП}$), отмечаем, что газовая печь перерасходует энергию за счет более высоких потерь с уходящими газами, а также за счет более низкого КПД топki по сравнению с КПД электронагревателя.

Потребление энергии двигателями вентиляторов $N_{В}^Г$, $N_{В}^Г$ и конвейера $N_{КОН}$ рассчитывается по известным формулам [1]. Причем $N_{В}^Э < N_{В}^Г$, за счет меньшего объема перемещаемых газов в электрической печи, а $N_{КОН}$ остается неизменной для обеих печей.

Сравнение затрат энергии продолжим на цифровом примере для сушильной туннельной печи (рис. 1). Исходные данные для расчета таковы. Производительность: по электродам - $G = 0,24$ кг/с (865 кг/ч), по покрытию - $G_{П} = 0,087$ кг/с, по стержням - $G_{СТ} = 0,153$ кг/с. Влажность покрытия в %: начальная - 11, конечная - 3,3. Температура и влагосодержание наружного воздуха: $t_A = 20^\circ\text{C}$, $d_A = 10$ г/кг. Температура сушильного агента на входе в печь - $t_N = 90^\circ\text{C}$, на выходе $t_c = 55^\circ\text{C}$. Влагосодержание сушильного агента на входе в печь $d_N = 43$ г/кг, на выходе - $d_c = 50$ г/кг. $D = 19,12$ кВт (в соответствии с примером, имеющимся в [1]). Состав природного газа в массовых %: $\text{CH}_4 = 94,52$; $\text{N}_2 = 3,38$; $\text{H}_2\text{O} = 2,1$. КПД электронагревателя $\eta_{ЭН} = 0,9$, топki - $\eta_{ТОП} = 0,85$. Справочные величины: $c_{св} = 1$ кДж/(кг · °С), $c_{пар} = 1,97$ кДж/(кг · °С), $r = 2493$ кДж/кг.

В предварительных расчетах получено: $W = 0,0067$ кг/с (расчет по $G_{П}$ и его начальной и конечной влажности), $d_M = 21,5$ г/кг (как результат определения параметров точки М), $L_{Э} = 0,168$ кг/с (согласно формуле (6)), $L_{Г} = 0,235$ кг/с (7), $H_A = 45,3$ кДж/кг, (9), $H_C = 185$ кДж/кг (8).

Для последующего анализа отметим, что полученная в расчете высшая теплотворная способность газа составляет 52 615 кДж/кг, а его расход - 0,0011637 кг/с или 5,7 м³/ч. Кроме того, отдельно выделим величины параметров, влияющих на разницу в расходах энергии:

$(L_{Э} = 0,168 \text{ кг/с}) < (L_{Г} = 0,235 \text{ кг/с})$, а $(\eta_{ЭН} = 0,9) > (\eta_{ТОП} = 0,85)$. Результаты расчета расхода энергии в печах приведены в табл.1.

Таблица 1. Энергозатраты в электрической и газовой печах

Электрическая печь		Газовая печь	
Величины, кВт	%	Величины, кВт	%
$Q_{ЭН} = 42,59$	-	$Q_{ТОП} = 52,94$	-
$N_{ЭН} = 47,3$	93,51	$N_{ТОП} = 61,11$	94,8
$N_{В}^Э = 3,1$	6,12	$N_{В}^Г = 3,16$	4,9
$N_{КОН} = 0,18$	0,37	$N_{КОН} = 0,18$	0,3
$N_{Э} = 50,58$	100	$N_{Г} = 64,44$	100

Таблица 2. Эксплуатационные расходы на энергоносители

Показатель	Электрическая печь	Газовая печь
Удельный расход электроэнергии, кВт·ч/т	58,5	3,86
Удельный расход природного газа, м³/т	-	6,6
Стоимость электроэнергии, руб/кВт·ч	4,6	4,6
Стоимость природного газа, руб/м³	-	5,7
Затраты на электроэнергию, руб/т	269,1	17,8
Затраты на природный газ, руб/т	-	37,6
Затраты на энергоносители, руб/т	269,1	55,4

Цифровой пример иллюстрирует ранее сделанный вывод о том, что газовая печь имеет более высокий расход энергии, ($N_T = 64,44$ кВт), чем электрическая ($N_E = 50,58$ кВт), т.е. примерно на 28%. Удельный расход энергии в электрической печи составляет – 58,5 кВт·ч/т, а в газовой, суммарно, электроэнергии и природного газа – 74,6 кВт·ч/т.

Переходя к экономическому сравнению показателей печей, отметим, что в работе оцениваются только эксплуатационные расходы на энергоносители и не рассматриваются капитальные затраты при переводе электропечи на природный газ. Стоимость как электроэнергии, так и природного газа не является величиной постоянной, она зависит от целого ряда факторов. Поэтому в расчете взяли ориентировочные цены для промышленных предприятий Московского региона в 2020 г. Результаты расчета приведены в *табл. 2*.

Энергия, заключенная в 1 м³ природного газа, составляет $Q_{в}^P = 52\ 615$ кДж/кг, или 38 409 кДж/м³, или 10,7 кВт·ч/м³. Следовательно, в соответствии с данными *табл. 2*, стоимость 1 кВт·ч энергии, за-

ключенной в природном газе, составит 5,7 руб/м³ / 10,7 кВт·ч/м³ = 0,53 руб/кВт·ч. Это в 8-9 раз ниже, чем стоимость той же единицы энергии, потребляемой из электросети (4,6 руб/кВт·ч). Поэтому затраты на энергоносители в газовой печи (55,4 руб/т) будут в 4 – 5 раз меньше, чем в электрической (269,1 руб/т).

На основании изложенного выше можно сделать вывод о том, что газовая печь, несмотря на более низкие теплотехнические показатели, будет иметь меньшие эксплуатационные расходы на энергоносители, чем электрическая.

Литература

1. Шелепов Е.П. Энергозатраты в печах для сушки и проковки сварочных электродов. Ч.1 // Сварочное производство. - 2006. - № 5. - С.20-25.
2. Филоненко Г.К., Лебедев П.Д. / Сушильные установки. - М. - Л.: Госэнергоиздат, 1952. – 264 с.
3. Промышленные теплообменные процессы и установки. / Под ред. Бакластова А.М. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 328 с.

●#1232

ЭСАБ-СВЭЛ – 20 лет достижений в сварочной области

Санкт-Петербургский завод сварочных материалов ЭСАБ-СВЭЛ, входящий в состав ESAB, празднует свой 20-летний юбилей.

На сегодняшний день завод является крупнейшим в России поставщиком сварочных электродов, флюса и порошковой проволоки. Так, в 2020 г. предприятие поставляет сварочные электроды в 40 регионов России, страны СНГ и за рубежом. Стабильно высокое качество, а также соответствующая техническая поддержка позволяют продукции ЭСАБ-СВЭЛ сохранять ведущие позиции на рынке. Продукция ЭСАБ-СВЭЛ пользуется неизменно высоким спросом потребителей, среди которых крупнейшие предприятия топливно-энергетического комплекса, предприятия ВПК, Газпрома, нефтяные компании, судостроительные заводы и многие др.

Качество выпускаемых сварочных материалов обусловлено многолетним опытом работы, высокой квалификацией персонала и жесткой системой контроля качества. Помимо популярных на рынке марок сварочных материалов, ЭСАБ-СВЭЛ занимается разработкой новых.

Для реализации высокого технологического потенциала, направленного на повышение качества своей продукции, ЭСАБ-СВЭЛ располагает испытательной лабораторией, аккредитованной на техническую компетентность в соответствии с требованиями ГОСТ Р ИСО/МЭК 17025-



2009. Лаборатория оснащена современным оборудованием для проведения исследований химического состава материалов и готовой продукции, а также проведения механических испытаний сварных соединений.

«Мы стремимся постоянно совершенствовать свои производственные процессы и оперативно реагировать на изменения в потребностях рынка, чтобы выпускать все более качественные и универсальные продукты. Все это было бы невозможно без сотрудников – настоящих профессионалов, ответственных и не безразличных к своей работе. Мы надеемся и в дальнейшем продолжать свое развитие, из года в год увеличивая номенклатуру выпускаемой продукции и ее объем», - Альбина Пенягина, генеральный директор ЗАО «ЭСАБ-СВЭЛ».

●#1233

Ильичевский судоремонтный завод: технологические решения бюро сварки при проведении ремонта изделий из алюминия и алюминиевых сплавов

С.М. Хачик, нач. судоремонтного производства, **В.Г. Левицкий**, глав. сварщик, **О.В. Игнатенков**, нач. лабор. сварки, ЧАО «ИСПЗ» (Черноморск, Одесская обл.)

Алюминиевые сплавы используют в сварных конструкциях различного назначения. Основными достоинствами их как конструкционных материалов являются малая плотность, высокая удельная прочность, высокая коррозионная стойкость.

Чистый алюминий, ввиду низкой прочности, для изготовления конструкций используется в отдельных случаях в химической, ранее в пищевой и электротехнической промышленности.

В качестве конструкционных материалов используются алюминиевые сплавы. По механическим показателям отношения прочности и текучести к плотности высокопрочные алюминиевые сплавы значительно превосходят чугун, низкоуглеродистые и низколегированные стали, чистый титан и уступают лишь высоколегированным сталям повышенной прочности и сплавам титана.

Алюминиевые сплавы разделяют на литейные и деформируемые по пределу растворимости элементов в твердом растворе.

В сварных конструкциях в основном используют профили (листы, трубы, уголки, полосу, бугльб) из деформируемых сплавов. Деформируемые сплавы разделяются на сплавы, не упрочняемые термической обработкой (ТО) и сплавы, упрочняемые ТО.

К деформируемым сплавам, не упрочняемым ТО, относятся технический алюминий АД, АД1, алюминий-марганцевый сплав (Al + 1,3% Mn) и группа сплавов системы Al-Mg: АМг1, АМг2, АМг3 и АМг6.

Алюминий и его сплавы - АМг, АМц, силумин, дюралюминий широко используются для различных назначений. Основными их достоинствами, как конструкционных материалов, являются малая плотность, высокая ударная вязкость, высокая коррозионная стойкость.

В судостроении и судоремонте преимущественно применяются термически не упрочняемые сплавы, предназначенные для деталей и конструкций морских и речных судов, не рассчитываемых на прочность.

Алюминий-магниевого сплавы: АМг2, АМг3 (легкие переборки, вентиляционные и переговор-



Рис. 1. Аргонодуговая сварка (TIG 141). Ремонт пожарного гидранта, пожарной службы завода. Сварка алюминий-магниевого сплава. Апрель 2019 г.



Рис. 2. Полуавтоматическая сварка плавящимся электродом в среде аргона (MIG 131). Ремонт алюминиевых спасательных шлюпок т/х «ВЕРЕС». Материал: алюминиевый сплав АМг5

ные трубы, зашивки и декоративные изделия, дельные вещи). АМг5 и АМг61 для конструкций морских судов (обшивка и набор корпуса, надстроек, рубок, спасательных шлюпок, мотоботов и конструкций быстроходных судов) (рис. 1, 2).

Силумин – сплав алюминия с кремнием (Al + 4,0-22,0% Si, иногда незначительное количество примесей: Fe, Cu, Mn, Zn, Ti). Силумины обладают наилучшими литейными свойствами, устойчивы к коррозии во влажной атмосфере и морской воде, в слабокислотной и щелочной среде.

Маркировка силуминов: А – алюминий, К – кремний (АК 9 – 9% кремния, АК 12 – 12% кремния, АК 7 Ц9 – 7% кремния, 9% – цинка).

Применение литья из силуминов в судоремонте: картеров, блоков цилиндров, поршней, крылаток электродвигателей и др.

Как отличить чистый алюминий от силумина и дюралей «дедовским» способом в цеховых условиях до передачи образцов в лабораторию:

Зачистить шлиф машинкой участки 10x10 мм, нанести на зачищенные участки раствор натриевой щелочи, выдержать 1 час и осмотреть зачищенные участки: алюминий – цвет зачищенного участка – белый; дюраль – цвет зачищенного участка – черный; силумин – цвет зачищенного участка серый;

Далее – дело за проведением лабораторных исследований стружки в заводской ЦЗЛ.

При подготовке деталей из алюминиевых спла-

вов под сварку выполняется профилирование, снятие фасок свариваемых кромок, удаляется поверхностные загрязнения и окислы (краска, старая окисная пленка) механическим способом, непосредственно перед проведением сварки – свариваемые кромки обезжириваются.

В зависимости от объемов сварки принимается решение о способах сварки:

- полуавтоматическая сварка плавящимся электродом в среде аргона (MIG 131). Ток постоянный, полярность – обратная. Режим сварки: сварочная проволока для сварки АМг 61 – BOCHLER DE 58, $\varnothing$ 1,2-1,6 мм;
- для силумина – BOCHLER DE 60, $\varnothing$ 2,0 мм. Сила тока – 130-240 А, напряжение дуги 22-28 В. Расход защитного газа (99,98 % Ar) – 12-16 л/мин;
- аргодуговая сварка неплавящимся электродом (АС TIG 141).

Режим сварки: сварочные присадочные прутки для сварки изделий из АМг61 BOCHLER DE 58, $\varnothing$ 2,0-2,4 мм или BOCHLER DE 63, $\varnothing$ 2,0-2,4 мм;

- для сварки силумина BOCHLER DE 60, $\varnothing$ 2,0-2,4 мм или BOCHLER DE 63, $\varnothing$ 2,0-2,4 мм. Ток переменный, сила тока 130-180 А, напряжение дуги 16-20 В, расход Аргона (99,98% Ar) 8-10 л/мин.

● #1234

Резак РГКМ-800 для кислородной резки металлических заготовок толщиной до 800 мм

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

В копровом цехе ПАО «НМЗ» работают две машины для кислородной резки крупногабаритного металлолома, оснащенные резаками внешнего смешивания РГКМ-3. Резаки, прослужившие много лет, просты в использовании, безопасны и надежны, но комплектуются они системой мундштуков, рассчитанной на максимальную толщину разрезаемой заготовки - 1 200 мм. При резке заготовок меньшей толщины расходы энергоносителей и ширина реза соответствуют максимальным значениям, что снижает эффективность их использования. В резаке РГКМ-3 не предусмотрено принудительное охлаждение, следовательно, он не может быть использован при резке заготовок, нагретых до температур выше 400 °С, например, слитков непрерывного литья.

Попытки создания сменных мундштуков, рассчитанных на максимальные толщины 800 и 600 мм, встретили сопротивление в указанном выше цехе по следующей причине: у резака РГКМ-3 замена мундштуков, рассчитанных на разные толщины разрезаемой заготовки, является сложным и трудоемким процессом, возможным только в условиях ремонтной мастерской.

Процесс это долгий и трудоемкий, поэтому зачастую, оператор машины газовой резки устанавливает на резак мундштуки, рассчитанные на максимальную толщину заготовки (1 200 мм), и работает с ними постоянно. При резке заготовок толщиной 800 мм и меньше имеет место неоправданно высокий расход кислорода и горючего газа. Резак РГКМ-3 рассчитан для кислородной резки прибылей литья и металлического лома, и он не может быть использован при кислородной резке слитков непрерывного литья толщиной до 800 мм на УНРС, которая в настоящее время актуальна [1].

С целью оптимизации расхода энергоносителей в зависимости от толщины разрезаемой заготовки и расширения технологических возможностей резака было принято решение разработать газокислородный резак РГКМ-800.

Газокислородный резак должен удовлетворять следующим требованиям:

- возможность легкой замены мундштуков на рабочем месте при резке слитков различного сечения для обеспечения оптимального расхода газов – энергоносителей;

- совмещение функций внутреннего и наружного мундштуков в одной детали: мундштуке;
- низкая чувствительность к перепадам давлений в магистралях кислорода и природного газа;
- долговечность и безопасность при длительной работе под воздействием высоких температур.

Отличительной особенностью резака РГКМ-800 является то, что в мундштуке выходные каналы для подогревающего кислорода расположены вокруг центрального канала для режущего кислорода и их длина соизмерима с длиной канала режущего мундштука такого же диаметра. Каналы для горючего газа расположены между каналами для подогревающего кислорода попарно (один канал снаружи окружности, на которой расположены каналы для подогревающего кислорода, другой – внутри нее) [2 – 5].

Резак РГКМ-800 предназначен для резки заготовок из углеродистых и низколегированных сталей толщиной от 300 до 800 мм в холодном и горячем состоянии.

Управление резаком осуществляется с газового пульта машины, обеспечивающего регулировку параметров в соответствии с *табл. 1*.

Смешивание горючего газа с подогревающим кислородом происходит по выходу из мундштука непосредственно в зоне резки.

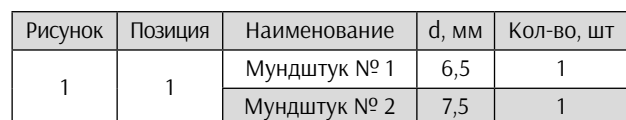
Горючий газ через подводящую трубку поступает в головку резака и в кольцевую камеру между головкой и мундштуком, затем через специальные дозирующие отверстия попадает в форкамеру мундштука. Подогревающий кислород поступает в кольцевую камеру головки и через специальные дозирующие отверстия мундштука попадает также в форкамеру мундштука, где смешивается с горючим газом.

Подача кислорода для резки осуществляется вен-

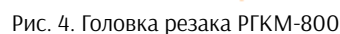
Таблица 1. Технические характеристики резака РГКМ-800

Толщина разрезаемого металла, мм		300-500	500-800
Мундштук (моноблок), номер		1	2
Давление на входе, МПа	режущего кислорода	0,5 – 0,6	
	подогревающего кислорода	0,2 – 0,3	
	природного газа	0,04 – 0,06	
	охлаждающей воды	0,2 – 0,6	
Расход, м³/час	кислорода	75	120
	природного газа	6,5	9,5
	охлаждающей воды	2 – 3	

Ствол резака РГКМ-800 (рис. 3) состоит из го-



В хвостовой части резака все газоподводящие трубки жестко связаны коллектором 7. В коллектор впаяны также трубки - для подачи охлаждающей воды 5 и для обраты охлаждающей воды 6. К свободному концу трубки 4 припаян коллектор го-



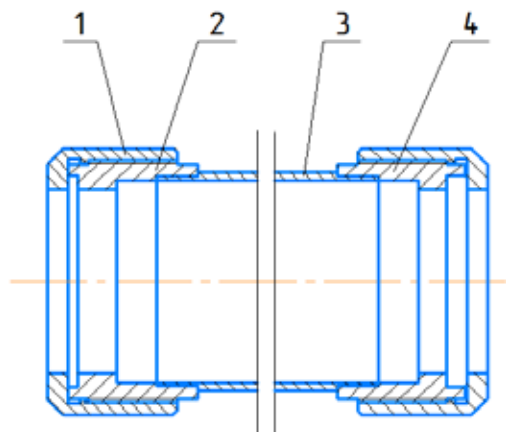


Рис. 5. Кожух резака РГKM-800

рячего газа 10. К свободному концу трубки 3 на прямую припаян штуцер режущего кислорода 9, а к трубкам 2, 5 и 6 – штуцера 8 подогревающего кислорода, подачи воды и обраты воды.

Кожух резака РГKM-800 (рис. 5) предназначен для защиты резака от внешних воздействий (механических повреждений и теплового излучения), крепления резака в суппорте машины газовой резки и принудительного водяного охлаждения головки с мундштуком. Кожух жестко связывает головку с коллектором резака и принимает на себя все нагрузки, возникающие в процессе резки.

Кожух состоит из трубы 3 к концам которой приварены втулки - передняя 2 и задняя 4. На эти втулки накручены две гайки 1 с резьбой М60 х 1,5. На втулках предусмотрены кольцевые проточки для уплотнительных колец, поджимаемых гайками.

Кожух совместно со стволом резака образует герметичную полость для охлаждающей воды.

Испытание резака РГKM-800 в производственных условиях на режущие свойства показано на рис. 6.

На ЧАО «НКМЗ» в КПЦ-2 производилась кислородная резка конца поковки и резка поковки на мерные длины. Процесс резки показан на рис. 7. Видимая часть факела длиной около 1000 мм компактна, имеет ярко выраженную шейку у мундштука. Поверхность реза поковки круглого поперечного сечения диаметром 700 мм, имеющей температуру 650 °С, показана на рис. 8. Темные пятна на светлом фоне –



Рис. 6. Испытание резака РГKM-800 в производственных условиях

это еще не отлетевшая, но уже отслоившаяся от поверхности реза окалина. Видно, что поверхность реза ровная, перпендикулярна оси поковки, имеет незначительный радиус оплавления верхней кромки, следовательно, можно предусмотреть малый припуск на последующую механообработку.

В «ЭСЦ-1» с помощью машины газовой резки «BSE-3K», оснащенной резаком РГKM-800, производилась вырезка кармана на поковке «вилка» толщиной 500 мм. На рис. 9, 10 показан процесс резки на различных его этапах. Представление о качестве поверхности реза и точности соблюдения размеров можно получить из рис. 11.

Резак РГKM-800 работает на горизонтальной и вертикальной машинах газовой резки установки непрерывной разливки стали, ДП «УБ и ВТ» (Сумы).

Представление о его работе на горизонтальной машине газовой резки, где остывший горизонталь-



Рис. 7. Резка горячей поковки на мерные длины



Рис. 8. Поверхность реза поковки толщиной 700 мм при температуре 650 °С



Рис. 9. Вырезка кармана на заготовке «вилка» толщиной 500 мм: врезание



Рис. 10. Вырезка кармана на заготовке «вилка» толщиной 500 мм: процесс кислородной резки



Рис. 11. Вырезанный карман на заготовке «вилка» толщиной 500 мм с кусковым отходом



Рис. 12. Установка для кислородной резки горизонтально расположенных непрерывно литых слитков (УНРС)

ный слиток разрезается на мерные части вертикальным резаком, дают *рис. 12, 13*. Поперечное сечение слитка 400x400 мм. Процесс резки происходит стабильно, отставание линии реза отсутствует. Ширина полости реза в ее верхней части равна ширине полости реза в нижней части, что говорит о хорошем качестве поверхности реза.

Работа резака РГКМ-800 на вертикальной ма-



Рис. 13. Факел резака РГКМ-800 на фоне поверхности реза непрерывно литого слитка, выполненного на УНРС



Рис. 14. Процесс резки непрерывно литого слитка сечением 400x400 мм на УНРС синхронно с вытяжкой его из кристаллизатора



Рис. 15. Кромки реза, выполненного на УНРС. Сечение слитка 400x400 мм, температура при резке 800°

шине газовой резки у кристаллизатора показана на *рис. 14, 15*.

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. А. с. 529343 СССР, МПК F 23 D 13/36. Газокислородный резак внешнего смешения газов. / В.М. Литвинов, Н.Я. Мушенко, Г.П. Ларин, А.А. Пилипенко, В.П. Ильин. – № 2143153/27; заявл. 11.06.1975; опубл. 25.09. 1976, Бюл. № 35.
3. А. с. 1728586 СССР, МПК F 23 D 14/42. Газовый резак с внешним смешением газов. / В.Г. Гетман, В.М. Литвинов, А.Д. Овчинников, А.А. Адамович, А.М. Литвинов. – № 4761052/06; заявл. 21.11. 1989; опубл. 23.04. 1992, Бюл. № 15.
4. Патент 114848 UA, МПК F 23 D 14/42. Газокислородный резак для металлов больших толщин. / В.М. Литвинов, В.А. Белинский, А.И. Коровченко, Т.Б. Золотопупова, Р.В. Тимошенко. – № а 2015 11806; заявл. 30.11.2015; опубл. 10.08.2017, Бюл. № 15.
5. Патент 92865 UA, МПК F 23 C 7/00. Способ кислородной резки металлов больших толщин. / В.М. Литвинов, А.И. Волошин, К.П. Шаповалов, В.А. Белинский, С.Л. Василенко, А.И. Коровченко. – № u201402889; заявл. 21.03.2014; опубл. 10.09. 2014, Бюл. № 17.

●#1235

Современные требования безопасности к системам управления машин и механизмов*

О.Г. Левченко, д.т.н., С.Ф. Каштанов, к.т.н., НТУУ «КПИ им. Игоря Сикорского» (Киев)

В соответствии со стандартом ИЕС 62061, структуры (архитектуры) связанных с безопасностью систем управления (СБЭСУ) машин и механизмов определяются базовыми архитектурами подсистем, которые входят в состав СБЭСУ и могут иметь следующие типы, это: А, В, С и D (рис. 10 – 13).

* *Примечание: на рис. 10 – 13 приведены логические представления базовых архитектур подсистем (тип А, В, С и D), которые не должны рассматриваться как их физическая реализация.*

Базовая архитектура подсистемы, тип А (Устойчивость к отказам равна нулю, без функции диагностики).

В данной архитектуре любой опасный отказ элемента подсистемы вызывает отказ связанной с безопасностью функции управления (СБФУ).

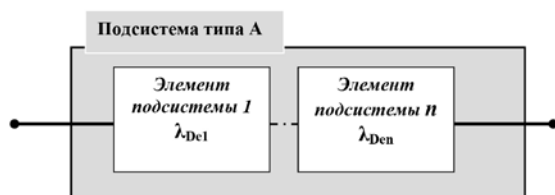


Рис. 10. Логическое представление подсистемы, тип А

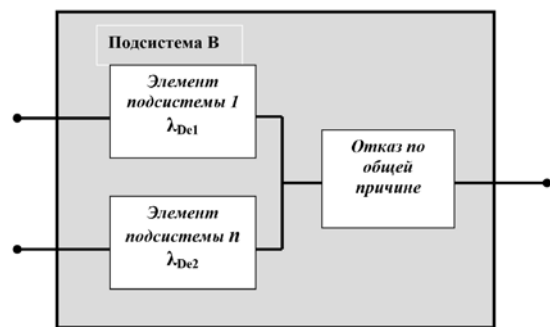


Рис. 11. Логическое представление подсистемы, тип В

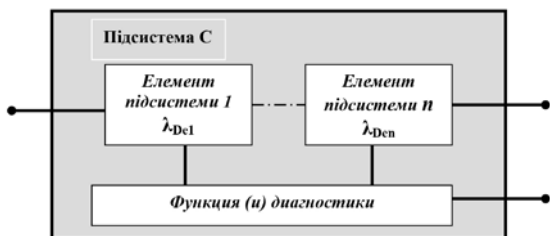


Рис. 12. Логическое представление подсистемы, тип С

Базовая архитектура подсистемы, тип В (устойчивость к отказам равна единице, без функции диагностики).

В данной архитектуре одиночный опасный отказ элемента подсистемы не вызывает отказа СБФУ. Таким образом, должен состояться опасный отказ более чем одного элемента прежде, чем может произойти отказ СБФУ.

Базовая архитектура подсистемы, тип С (устойчивость к отказам равна нулю, с функцией диагностики).

В данной архитектуре любой не обнаруженный опасный сбой элемента подсистемы приводит к опасному отказу СБФУ. Если обнаружен сбой элемента подсистемы, то функция(и) диагностики инициирует(ют) функцию реакции на сбой.

* *Примечание: функция диагностики может осуществляться: подсистемой, которая диагностируется; другими подсистемами СБЭСУ; подсистемами, которые не участвуют в выполнении СБФУ.*

Базовая архитектура подсистемы, тип D (устойчивость к отказам равна единице, с функцией диагностики).

В данной архитектуре одиночный отказ любого элемента подсистемы не вызывает отказа СБФУ.

* *Примечание: 1. Функция диагностики может осуществляться: подсистемой, которая диагностируется; другими подсистемами СБЭСУ; подсистемами, которые не участвуют в выполнении СБФУ.*

2. Предполагается, что реакцией на отказ такой подсистемы является прекращение соответствующей операции.

Что касается проектирования структуры

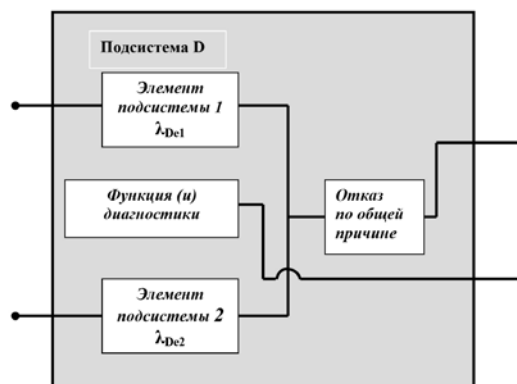


Рис. 13. Логическое представление подсистемы, тип D

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

Таблица 4. Характеристики подсистем 1 и 2 (пример по оценке УПБ)

Подсистема	Устойчивость к отказам технических средств	ДБО	Предельные требования к УПБ в соответствии с ограничениями архитектуры
1	1	95%	РПБ 3
2	1	80%	РПБ 2

СБЭСУ, то каждая ПБФУ, как указано в спецификации требований к безопасности СБЭСУ, должна быть структурно декомпозирована до уровня функциональных блоков.

Обязательно необходимо, чтобы такая структура была документально оформлена и включала:

- ее описание;
- требования к безопасности (как функциональные требования, так и требования к полноте безопасности) для каждого функционального блока;
- определение входов и выходов каждого блока.

При оценке вероятности опасных отказов СБЭСУ, необходимо учитывать вероятности случайных опасных отказов аппаратных средств каждой подсистемы, входящей в состав СБЭСУ.

Так вероятность случайных отказов аппаратных средств СБЭСУ определяется суммой вероятностей опасных случайных отказов аппаратных средств всех подсистем (PFHD_n), участвующих в реализации СБЭСУ, и в случае необходимости, включает также вероятность опасных ошибок цифровой передачи данных коммуникационных процессов (PTE):

$$PFHD = PFHD_1 + \dots + PFHD_n + PTE.$$

**Примечание: данный подход основан на определении функционального блока, а именно: отказ любого функционального блока может привести к отказу СБФУ.*

УПБ, который достигается СБЭСУ в соответствии с архитектурными ограничениями, должен быть меньше или равен наименьшему значению предельного требования к УПБ любой из подсистем, участвующих в выполнении ПБФУ.

Например, СБЭСУ состоит из двух последовательно соединенных подсистем (1 и 2), в которых доля безопасных отказов (ДБО) и устойчивость к отказам равны значениям, которые приведены в табл. 4.

При оценке вероятности случайных отказов аппаратных средств такой СБЭСУ получено значение $PFHD = 8 \cdot 10^{-8}$, что соответствует УПБ 3. Од-

нако, архитектурное ограничение подсистемы 2 лимитирует УПБ, который может быть достигнут СБЭСУ, до УПБ 2.

Таким образом, показатели безопасности подсистемы характеризуются предельными требованиями к УПБ, определяемым её архитектурными ограничениями, предельным требованием к УПБ для систематической полноты безопасности и вероятностью случайных опасных отказов аппаратных средств.

**Примечание: предельное требование к УПБ подсистемы устанавливает предельное значение для максимального уровня полноты безопасности, которое может быть востребовано СБФУ, реализуемой этой подсистемой.*

Наиболее высокий уровень полноты безопасности аппаратных средств, который может потребоваться для функции безопасности, ограничивается устойчивостью к отказам аппаратных средств и долей безопасных отказов подсистем, которые выполняют эту связанную с безопасностью функцию управления.

Наибольший уровень полноты безопасности, который может потребоваться для СБФУ, реализуемой подсистемой, определяется с помощью табл. 5 с учетом устойчивости к отказам аппаратных средств и доли безопасных отказов этой подсистемы.

Ограничения архитектуры, приведенные в табл. 5, должны применяться в каждой подсистеме в соответствии со следующими требованиями:

а) устойчивость к отказам аппаратных средств N означает, что отказ N+1 может привести к потере СБФУ (в определении устойчивости к отказам не должны учитываться средства, которые могли бы управлять влиянием ошибок, например, средства диагностики);

б) если одна ошибка непосредственно приводит к одной или более последующим ошибкам, то её рассматривают как одиночную ошибку;

в) в определении устойчивости к отказам аппаратных средств некоторые ошибки могут быть исключены при условии, что вероятность их возник-

Таблица 5. Архитектурные ограничения подсистемы. Максимальное значение УПБ, которое может быть достигнуто этой подсистемой

Доля безопасных отказов (ДБО)	Устойчивость к отказам аппаратных средств		
	N=0	N=1	N=2
< 60 %	Не оговаривается	УПБ 1	УПБ 2
60 % - 90 %	УПБ 1	УПБ 2	УПБ 3
90 % - 99 %	УПБ 2	УПБ 3	УПБ 3
≥ 99 %	УПБ 3	УПБ 3	УПБ 3

** Примечание: отказоустойчивость аппаратных средств N означает, что N+1 отказ приведет к потере связанной с безопасностью функции управления.*

Таблица 6. Архитектурные ограничения. Связь категорий с предельными требованиями по УПБ

Категория	Устойчивость к отказам аппаратных средств	Доля безопасных отказов (ДБО)	Максимальное значение предельного требования к УПБ, соответствующее ограничениям архитектуры
	Предполагается, что подсистемы с указанной категорией имеют характеристики, Приведенные ниже		
1	0	< 60 %	см. Примечание 1
2	0	60 % - 90 %	УПБ 1
3	1	< 60 %	УПБ 1
	1	60 % - 90 %	УПБ 2
4	>1	60 % - 90 %	УПБ 3 (см. Примечание 3)
	1	>90 %	УПБ 3 (см. Примечание 4)

* Примечания: 1. Считается, что подсистемы категорий 1 и 2, у которых ДБО <60%, не удовлетворяют требованиям ISO 13849-1, поэтому подсистемы, разработанные в соответствии с EN ISO 13849-1, на практике будут достигать значений ДБО более 60 %. 2. Предполагается, что для подсистемы категории 2 значение ДБО >90% не будет достигнуто, в случае применения требований к её разработке, представленных в EN ISO 13849-1.3. Предполагается, что для подсистем категории 4 охват диагностики будет <90%, если устойчивость к отказам аппаратных средств (накопленным отказам) больше единицы. 4. Подсистема категории 4 требует значения ДБО более 90 %, если устойчивость к отказам аппаратных средств такой подсистемы равна единице. 5. Считается, что подсистема категории «В», удовлетворяющая требованиям EN ISO 13849-1, не достигает УПБ 1.

новения очень мала по отношению к требованиям полноты безопасности подсистемы (любые исключения ошибок должны быть обоснованы и документально оформлены).

Ограничения архитектуры по табл. 5 должны применяться к каждой подсистеме, реализующей функциональный блок СБФУ.

Если система разработана в соответствии с EN ISO 13849-1 и её подтверждение соответствия выполнено согласно с EN ISO 13849-2, то в контексте архитектурных ограничений могут быть применены только следующие соотношения в соответствии с табл. 6.

*Примечание: для достижения необходимого УПБ следует также выполнить требования к вероятности опасных отказов и систематической полноте безопасности.

Для определения предельных требований к УПБ с учетом архитектурных ограничений, где это необходимо, также должна быть выполнена оценка ДБО.

При оценке ДБО для каждой подсистемы должен быть проведен анализ (например, анализ дерева отказов, видов и последствий отказов), чтобы определить все отказы и их виды. Является ли отказ безопасным или опасным, зависит от СБЭСУ и выполняемых СБФУ, включая функцию реакции на отказ.

Вероятность каждого вида отказа должна быть определена на основании вероятности связанного(-ых) с ним сбоя(-ев) с учетом заданного применения подсистемы и может быть получено из таких источников, как:

а) надежные данные об интенсивности отказов, собранные из практического опыта производителя и связанные с заданным применением;

б) данные об отказе компонента из признанных отраслевых источников и связанные с заданным применением;

в) данные об интенсивностях отказов, полученные по результатам тестирования и анализа.

В дополнение к представленным материалам,

ниже приведен краткий перечень основных терминов и определений, используемых в стандартах по безопасности систем управления оборудованием машин и механизмов.

Связанные с безопасностью электрические системы управления /СБЭСУ/ (Safety-Related Electrical Control System – /SRECS/): электрическая система управления, отказ которой может непосредственно привести к увеличению риска (рисков).

Подсистема (subsystem): объект проекта архитектуры верхнего уровня СБЭСУ, в которой отказ любой подсистемы приведет к отказу связанной с безопасностью функции управления.

Элемент подсистемы (subsystem element): часть подсистемы, включающая отдельный компонент или группу компонентов.

Функциональная безопасность (functional safety): часть безопасности машины и системы управления машины, которая зависит от корректного функционирования СБЭСУ и связанных с безопасностью систем, основанных на других технологиях и использующих внешние средства снижения риска.

*Примечание: стандарт IEC 62061 рассматривает только функциональную безопасность, которая зависит от корректного функционирования СБЭСУ в применениях для оборудования машин.

Функция безопасности (safety function): функция машины, отказ которой может привести к непосредственному увеличению риска /рисков/ (ISO 12100).

Связанная с безопасностью функция управления /СБФУ/ (Safety-Related Control Function – /SRCF/): функция управления, реализованная СБЭСУ с заданным уровнем полноты безопасности и предназначенная для поддержки безопасных условий работы машины или предотвращения увеличения риска /рисков/.

Функция диагностики СБЭСУ (SRECS diagnostic function): функция, предназначенная для обнаружения отказов в СБЭСУ и формирования заданной

выходной информации или действия при обнаружении отказа.

Полнота безопасности (safety integrity): вероятность того, что СБЭСУ или её подсистема будет удовлетворительно выполнять функции управления, связанные с безопасностью, при всех указанных условиях (IEC 61508-4).

**Примечания:*

1. Чем выше уровень полноты безопасности элемента, тем ниже вероятность того, что элемент не выполнит требуемую функцию управления, связанную с безопасностью.

2. Полнота безопасности включает полноту безопасности аппаратных средств и систематическую полноту безопасности.

Полнота безопасности аппаратных средств (hardware safety integrity): составляющая полноты безопасности СБЭСУ или её подсистем, включающая требования к вероятности опасных случайных отказов технических средств и к архитектурным ограничениям (IEC 61508-4).

Систематическая полнота безопасности (systematic safety integrity): составляющая полноты безопасности СБЭСУ или её подсистем, касающаяся её противодействия систематическим отказам, проявляющимся в опасном режиме (IEC 61508-4).

**Примечания:*

1. Обычно полнота безопасности, касающаяся систематических отказов, не может быть охарактеризована количественно.

2. Требования к полноте безопасности, касающейся систематических отказов, применяются как к аппаратным средствам, так и к аспектам программного обеспечения СБЭСУ или её подсистем.

Предельные требования к УПБ (для подсистемы) /ПТУПБ/ (SIL Claim Limit (for a subsystem) – /SILCL/): максимальное значение УПБ, которое может быть заявлено для подсистемы СБЭСУ относительно архитектурных ограничений и систематической полноты безопасности.

Вероятность опасного отказа в час /PFHD/ (probability of a dangerous failure per hour – PFH): средняя вероятность опасного отказа в час.

Целевая величина отказов (target failure value): заданное значение PFHD, которое должно быть достигнуто, чтобы удовлетворить конкретное требование полноты безопасности.

Сбой (fault): ненормальный режим, способный вызвать снижение или потерю способности СБЭСУ, подсистемы или элемента подсистемы выполнять требуемую функцию (IEC 61508-4).

Устойчивость к отказам (fault tolerance): способность СБЭСУ, подсистемы или элемента подсистемы продолжать выполнять необходимую функцию при наличии сбоев или ошибок (IEC 61508-4).

Функциональный блок (functional block): наименьший элемент СБФУ, отказ которого может

привести к отказу СБФУ.

Архитектура (architecture): конкретная конфигурация элементов аппаратных средств и программного обеспечения СБЭСУ (IEC 61508-4).

Архитектурные ограничения (architecture constraint): набор требований к архитектуре, ограничивающих УПБ, который может быть востребован для подсистемы.

Охват диагностикой (diagnostic coverage): уменьшение вероятности опасных отказов аппаратного обеспечения, связанное с выполнением автоматических диагностических проверок.

Отказ (failure): прекращение способности СБЭСУ, подсистемы или элемента подсистемы выполнять требуемую функцию (IEC 61508-4 и ISO 12100-1).

**Примечание: отказы могут быть случайными (в аппаратных средствах) или систематическими (в аппаратных средствах или в программном обеспечении).*

Опасный отказ (dangerous failure): отказ СБЭСУ, подсистемы или элемента подсистемы, который может привести к опасному состоянию или ошибке при выполнении соответствующей функции (IEC 61508-4).

Безопасный отказ (safe failure): отказ СБЭСУ, подсистемы или её элемента, не вызывающий опасность.

**Примечание: безопасный отказ не приводит к отказу или возможному отказу выполнения СБФУ.*

Доля безопасных отказов /ДБО/ (safe failure traction - /SFF/): доля общей интенсивности отказов подсистемы, которые не приводят к опасному отказу.

Отказ по общей причине (common cause failure): отказ, который является результатом одного или нескольких событий, вызвавших одновременные отказы двух и более отдельных каналов в многоканальной подсистеме (архитектура с резервированием), ведущий к отказу СБЭСУ (IEC 61508-4).

Случайный отказ аппаратных средств (random hardware failure): отказ, возникающий в случайный момент времени и являющийся результатом одного или нескольких возможных механизмов ухудшения характеристик аппаратных средств (IEC 61508-4).

Систематический отказ (systematic failure): отказ, обусловленный определенной причиной, которая может быть исключена только путем модификации проекта, производственного процесса, операций, документации или др. факторов (IEC 61508-4).

Подтверждение соответствия (validation): подтверждение проверкой (тестами, анализом), что СБЭСУ соответствует требованиям функциональной безопасности для конкретного применения (IEC 61508-4).

● #1236

Евгений Оскарович Патон – выдающийся ученый в области мостостроения и сварки, основатель Института электросварки

А.Н. Корниенко, к.т.н., ИЭС им. Е.О. Патона НАНУ (Киев)

В истории мировой науки и техники выдающемуся ученому в области электросварки и мостостроения, академику АН УССР, заслуженному деятелю науки Украинской ССР, Герою Социалистического Труда, лауреату Сталинской премии, инженеру, педагогу, организатору науки и производства Евгению Оскаровичу Патону по праву принадлежит особая роль. Он прожил две творческие жизни, оказав заметное влияние на решение научных проблем, на прогресс техники, внося существенный вклад в развитие мостостроения, строительной механики, становление сварочного производства, и электрометаллургии. Об этих работах, о научной, инженерной, организационной, общественной деятельности написано много. В т. ч. и в журнале «Сварщик». Интересно раскрыть характер ученого, его волю к достижению цели, взгляд на события, отношения с людьми. Следует также объяснить ошибки в датах, допущенных «биографами» Евгения Оскаровича.

Предки на службе Отчизне

Евгений Оскарович Патон родился...Часто пишут: «родился 5 марта, иногда уточняют – по старому стилю - «20 февраля» 1870 г. Однако, при переводе даты XIX века с юлианского календаря на григорианский (т.е. на «новый стиль») нужно добавлять в XIX веке - 12 дней, а в XX - 13. Дата рождения указана в энциклопедиях – «Большой Советской», «Украинской Советской» и др. [1, с.213; 2]. Но до сих пор даже профессиональные историки на один день опаздывают праздновать юбилей известного им ученого [3, с.8] (поскольку с 01.03.1900 г. – по 01.03.2100 г. – разница между календарями составляет 13 дней). Доказательством служит фотография «Свидетельства о рождении Евгения Патона», где четко видно «двадцатого февраля». Однако автор этой же книги тут же написал: «5 марта по новому стилю» [4, с.10].

В описаниях родословной Патонов встречаются непростительные ошибки. Данные о династии Патонов были найдены в архивах и частично опубликованы в 1980 г. (с разрешения Бориса Евгеньевича) [5, с.115]. Установлено, что Петр Иванович Патон (дед Е.О. Патона) в 1812 г. в 16 лет

был зачислен в Российскую армию; боевое крещение получил 18-20 июля 1812 г. в бою под Клястицами, за «мужество в сражении» ему был пожалован чин прапорщика. В то время Главнокомандующим первой западной Российской армией был военный министр М.Б. Барклай-де-Толли, а второй Западной армией – руководил П.И. Багратион. Только 17 (29) августа М.И. Кутузов принял армию от М.Б. Барклая-де-Толли. И неправильно писать: «Безусым шестнадцатилетним мальчишкой в 1812 году он (Петр Иванович Патон) был зачислен в армию Кутузова» [4, с.9]. П.И. Патон участвовал в освобождении Полоцка, Данцига, Виттенберга, в битве за Париж; в войнах России с Турцией (в наступлении на Стамбул, освобождении Черноморского побережья Кавказа), охране границы с Австро-Венгрией и др. Был сенатором.

Отец Евгения Оскаровича - Оскар Петрович родился в 1822 г. в военном поселении (сейчас г. Вознесенск Николаевской области). В 14-летнем возрасте был зачислен в Николаевское военно-инженерное училище (в Петербурге). Здесь, кроме военного дела, обучали физике, химии, механике и строительному делу. Из этого училища вышло много известных ученых, инженеров, и даже деятелей литературы и искусства. О.П. Патон дружил с Ф.М. Достоевским. Выпускники училища с честью выдержали испытание во время войны России с Великобританией и Францией в 1853-1856 гг. О.П. Патон служил в инженерной гальванической команде, занимавшейся внедрением достижений электротехники в армейское вооружение, участвовал в разработке подводных мин с дуговым запалом, управляемых дистанционно. После точного подрыва нескольких кораблей Англо-французской эскадры агрессии в Прибалтике была сорвана [5].

В 1865 г. О.П. Патона переводят на службу в Министерство иностранных дел и назначают консулом в Ниццу (Франция), где и родился сын Евгений – шестой ребенок в семье. Крестным отец его был «Его Императорское Высочество Великий князь Вячеслав Константинович» (Романов). (Правда, ни при царской, ни при советской власти Евгений Оскарович об этом не упоминал).

Путь к высокой квалификации и славе мостостроителя.

В прошлые столетия в большинстве семейств потомственных аристократов к воспитанию детей подходили более чем серьезно. В семье Патонов сыновей учили тому, что могло пригодиться для защиты и процветания Родины. В доме разговаривали на русском языке, но нанимали учителей французского, немецкого и английского языков. Е.О. Патон вспоминал: «У отца было одно пожелание, даже скорее условие: «Запомни одно - хочу, чтобы из тебя вышел серьезный человек, чтобы ты нужен был еще кому-нибудь, кроме самого себя и своих родителей...». И Евгений Оскарович с удовлетворением подчеркивает: «Отныне передо мной открывалась возможность самому прокладывать себе путь» [6, с.9].

И всю жизнь в экстремальных, критических случаях он принимал решения, которые на взгляд товарищей и коллег были не лучшими, а иногда и совсем непонятными, неприемлемыми и рискованными. Часто у него были перспективы уверенной карьеры, легкой работы, обеспеченной жизни. Но он выбирал довольно сложные проблемы. И ставил он перед собой такие научные и технические задачи, решать которые никто не брался, но в решении которых нуждалась страна. В своих научных и инженерных изысканиях он не останавливался на достигнутом, а двигался вперед «в неизведанную даль». Именно стремление усовершенствовать любимое мостостроение «заставило» его на шестом десятке лет заниматься проблемами сварки.

Е.О. Патон в 1888 г. вступил на инженерно-строительный факультет Королевской Саксонской технической высшей школы (позже - Дрезденский политехнический институт). Учится Евгений упорно, вдумчиво, работает в инженерном кружке. Его дисциплинированность, работоспособность и собранность облегчили вхождение в немецкую среду. Впрочем, как отмечает Евгений Оскарович: «Живя во Франции, я столько слышал о немецкой аккуратности и добросовестности, но эти достоинства были далеко не у всех студентов. ...Глупые, скандальные дуэли, выпивки, дебоши, кичливые манеры, пруссацкая петушиная гордость своим корпоративным духом» [6, с.11]. В праздничные дни, на каникулах Евгений отправлялся на экскурсии на природу, в горы. А еще он усвоил комплекс гимнастических упражнений по системе Мюллера, выполнение которых каждое утро вошло в привычку на всю жизнь. С детства он вместе с отставным русским матросом, который служил у Патонов, почти весь год купался в море. И в Германии, при всякой погоде он купался в реке, нырял в прорубь. (Старейший конструктор Института электросварки П.И. Севбо рассказывал, как зимой 1943 г. он приехал в Свердловск вместе с Евгением Оскарови-

чем. Министр танкостроения В.А. Малышев любезно предложил им свою квартиру. Когда Севбо улыбался с каким удовольствием Патон плескается в ванне, то обрадовался тому, что наконец-то примет настоящий горячий душ. Каково же было его удивление - из всех кранов текла ледяная вода).

В начале 1891 г. подданного Российской империи господина Е.О. Патона призвали в армию. Он служил в 33 артиллерийской бригаде Киевского военного округа, «обучился действиям при орудиях и верховой езде». В 1894 г. Е.О. Патон с отличием закончил Саксонскую королевскую академию и получил приглашение работать на кафедре строительных конструкций, где на последнем курсе подрабатывал ассистентом. Одновременно ему предложили работу по реконструкции Гауптбангофа – главного дрезденского вокзала. Его коллегами могли стать европейские ученые, а заказчиками - крупные фирмы Германии. Однако, заветной мечтой Е.О. Патона было жить и строить мосты именно в России.

Поскольку иностранное образование в России не давало право на работу в государственных учреждениях, он на последнем курсе немецкого обучения обратился с просьбой допустить его к защите диплома в Институте инженеров путей сообщения (Санкт-Петербург). По высочайшему повелению ему разрешили ... опять учиться. Немецкие преподаватели удивились - как можно при таком старте отказаться от блестящей карьеры в Европе. И вдобавок они даже не догадывались, с какой трудностью столкнулся Патон.

На протяжении 8 месяцев Евгений Оскарович сдал экзамены по 12 предметам и выполнил 5 проектов. В мае 1896 г. Е.О. Патон защитил дипломный проект и был «утвержден в звании инженера путей сообщения с правом составления проектов и всякого рода строительных работ». 16 сентября 1896 г. он зачислен на государственную службу в alma mater сверхштатным преподавателем. Так начиналось его восхождение на Мостостроительный Олимп. Одновременно он работает в технических отделах Николаевской и Московско-Архангельской железных дорог, проектирует мосты и металлические перекрытия, участвует в научных дискуссиях. Евгений Оскарович проявил себя как смелый новатор, идущий своим путем. Например, впервые применил промежуточные опоры в виде колонн с шаровыми шарнирами вместо громоздких колонн прямоугольного сечения без шарниров. Идеи пришлось отстаивать перед авторитетными специалистами, и Е.О. Патон сделал вывод на всю жизнь: «не сразу новое пробивает себе путь - его нужно настойчиво отстаивать». Тем не менее, уже к концу первого года работы он стал «штатным инженером для проверки расчета по мостам» [7].

Почему же Евгений Оскарович опять прерывает успешную карьеру? Биографы однозначно

объясняют – его пригласил в Москву профессор Л.Д. Проскуряков. И забывают (или не знают) об основной идее – максимальная польза стране. В Питере хватает мостовиков, нужно быть там, где он нужнее, где много работы.

В это время уровень образования в России поднимался на новый, еще более высокий уровень. В 1897 г. на заседании Императорского русского технического общества была создана специальная комиссия по высшим техническим заведениям. Комиссия признала, что в стране есть потребность в инженерах. Отмечалось, что «в успехах технического образования находится самый действенный и могущественный рычаг к тому, чтоб Россия делала возможно быстрые и интенсивные успехи на поприще развития своей материальной культуры и своих производительных сил» [8, с.10]. В докладе председателя сообщалось о преобразовании Рижского политехникума и открытие в Москве инженерного училища путей сообщения, а также о плане организации Киевского политехнического института и др. И 20 октября 1897 г. Е.О. Патон отправляется преподавать в Императорском Московском инженерном училище путей сообщения. В 1901 г. после защиты адъюнктской диссертации его назначают профессором кафедры мостов, а в декабре – инспектором училища (т.е. проректором). В 1901 г. он издает первый том курса «Железные мосты», через год – второй том.

А в 1904 г. Е.О. Патона получил приглашение в Киевский политехнический институт (КПИ) Александра II. Почти год Министерство путей сообщения и Министерство финансов (которому подчинялся КПИ) решали вопрос о его переводе. И только с 1 июня 1905 г. Е.О. Патон – ординарный профессор кафедры строительного искусства по отделу мостов и сооружений (а на «мемориальной» доске у входа в старый корпус КПИ указано «1904-1935», причем и вторая дата тоже неправильна).

В 1906 г. Патон был избран деканом инженерно-строительного факультета. Он стремился усовершенствовать систему подготовки инженеров, приблизить обучение к производству, воспитать интерес к новому, создал лабораторию, кабинет и музей мостов, для выполнения ряда проектов он привлекает студентов-дипломников. «Я всегда любил работать с молодежью, свободной от косности и рутинерства, - писал Евгений Оскарович в «Воспоминаниях». - «На протяжении десятков лет моими неизменными помощниками в работе над проектами и соавторами учебников были студенты и молодые инженеры... В молодежи меня всегда привлекала ее любовь к труду, искания новых, еще неизведанных путей, готовность дерзнуть и смело рисковать» [6]. Профессор получает много заказов и строит оригинальные мосты в 1910 г. в Киеве (Парковый над Петровской аллеей, демонтирован в 1983 г.), в 1911 г. в Тбилиси (Мухранский, через р. Куру, демонтирован в 1963 г.) и др.

В 1913 г. из-за отрицания коллегами его методов преподавания и проблем в личной жизни он подает просьбу об отставке. Для лечения болезни легких он выезжает в Крым, а в скором времени - в Ниццу, где в родительском доме жила сестра.

Деятельность в период слома государственного устройства.

15 (28) июля 1914 г. началась Первая мировая война и уже через месяц в военные действия было втянуто много государств с населением (вместе с колониями) 1,5 млрд. человек. Е.О. Патон холост, работу в Киеве он оставил. Владея немецким и французским языками, уже известный мостовик, он мог бы хорошо устроиться на Западе, но, не размышляя, решает немедленно вернуться в Киев. Осуществить это намерение было очень рискованно. Военные действия охватили Европу, Азию и Африку, воды четырех океанов и многих морей; Франция была отрезана от России фронтами на



Профессор КПИ Е.О. Патон



Е.О. Патон, мемориальная доска КПИ



Парковый мост над петровской аллеей, Киев, 1950 г.



Фрагмент паркового моста в Музее Бенардоса,
Переяслав-Хмельницкий 1985 г.

суше и на морях. В январе 1915 г. Патону удаётся добраться в Киев. Он возобновляет преподавание в КПИ, продолжает научные разработки.

Для Российской империи чрезвычайно остро встал вопрос материально-технического обеспечения войск. В довоенные годы в Германии, Франции, Великобритании, России были созданы мощные государственные предприятия, которые производили военную продукцию, но мосты в России не относились к этой категории и их строили частные предприятия. При военно-промышленном комитете Юго-западного фронта Е.О. Патон организует мостовую секцию. Евгений Оскарович проектирует и организует изготовление мостов, поворотно-подъёмных эстакад, ледорезов и др. конструкций. Причем, конструкции мостов профессора Патона выгодно отличались от разборных мостов известного французского инженера Эйфеля, быстро строились и были максимально дешёвыми, поскольку он не мог не считаться с экономическими трудностями. Только для переправы через р. Днепр Е.О. Патон вместе со студентами-дипломантами разработал проекты семи больших стратегических разборных мостов и множество временных переправ.

В 1916 г. Е.О. Патон женился на Наталии Викторовне Будде, в 1917 г. родился Владимир, а в 1918 г. – Борис.

Жестокие испытания для интеллигенции начались с 1917 г. Во время революционных переворотов и гражданской войны, когда власть в Киеве менялась много раз, расстреливали и дворян и рабочих, ряд профессоров уезжают за границу. Убивают родного брата Евгения Оскаровича – Михаила, с женой и маленьким сыном. Но Е.О. Патон остается в Киеве. Несмотря ни на что, ученый продолжал проектировать мосты и разрабатывать теорию мостостроения.

Когда политическая ситуация стабилизировалась и в КПИ наладился учебный процесс, Е.О. Патон требует от новой власти напечатать его книги. Он с удивлением и недоверием обнаружил, что большевики энергично взялись за восстановление экономи-

ки. Специалисты, особенно такого уровня как Патон, оказались нужными новой власти. Конечно, помимо прагматических целей, большевики старались подчеркнуть факт сотрудничества с ними старой интеллигенции. Но самого Евгения Оскаровича политические оценки его работы мало интересовали.

Около 35 лет научной, инженерной и педагогической деятельности Евгений Оскарович посвятил мостостроению. Он реализовал многие свои идеи, спроектировал и принял участие в строительстве почти 40 крупных мостов, в том числе через р. Днепр в г. Киеве (имени Евгении Бош), через р. Сож в Могилевской области) и др., опубликовал свыше 160 научных работ по различным вопросам мостостроения, много пособий. Ряд его учеников стали известными учёными и инженерами, руководителями промышленности. В рекомендации КПИ, представленной к выборам во Всеукраинской академии наук (ВУАН) в апреле 1929 г., в частности, отмечалось, что: «Е.О. Патон создал свою школу проектирования мостов, 180 молодых инженеров закончили дипломные работы под его руководством» [9]. Из первоисточников ясно, что к 1929 г. Е.О. Патон построил около 40 мостов. В мемуарах Евгений Оскарович с благодарностью вспоминает по именам своих помощников и соавторов того времени [6].

В 1929 г. Евгений Оскарович Патон был избран академиком ВУАН (теперь – Национальная академия наук Украины).

Литература

1. Корниенко А.Н. Патон Евгений Оскарович. Украинская Советская энциклопедия. - Киев: «УРЕ», 1982. – Т. 8. – 527 с.
2. Корниенко А.Н. К 130-летию со дня рождения Е.О. Патона – выдающегося ученого, инженера, педагога. // Сварочное производство. - 2000. - № 4. - С. 57-58.
3. Оноприенко В.И., Кистерская Л.Д., Севбо П.И. Евгений Оскарович Патон. – Киев: Наукова думка, 1988. – 239 с.
4. Малишевский И.Ю. Рассказы о Патоне. – Киев: Наукова думка, 1984. - 492 с.
5. Корниенко А.Н. Основатель советской школы электросварки. // Очерки по истории естествознания. – 1980. – № 26. – С. 115-121.
6. Патон Е.О. Воспоминания. – Киев: Гослитиздат УССР, 1956. – 320 с.
7. Центральный государственный исторический архив РФ. – Фонд 231, опись 19, дело 1725, лист 11.
8. К вопросу о высших технических заведениях. // Записки ИРТО. – 1897. – № 11. – С. 9-11
9. Центральный научный архив НАНУ. Ф. 1, оп. 1, д. 350, л. 4.

●#1237

Евгений Оскарович Патон – выдающийся ученый в области мостостроения и сварки, основатель Института электросварки *

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

В 1929 г. известный мостостроитель Е.О. Патон был избран академиком Всеукраинской академии наук (ВУАН). С этого времени начинается новый плодотворный период его деятельности – работа в области сварочного производства. На основе воспоминаний Е.О. Патона и Б.Е. Патона исследованы условия создания автоматической сварки под флюсом. Впервые в мире удалось создать автоматическую скоростную дуговую сварку броневых сталей. При создании этой инновационной технологии пришлось не только решать сложные научно-технические проблемы, но и приложить немало усилий и труда для внедрения в производство бронетехники.

У истоков современной технологии соединений.

В 1929 г. Е.О. Патон решил применить при строительстве мостов вместо клепки – сварку. Он делится впечатлением от впервые увиденной работы сварщика: «Внешняя простота сварки, та легкость и непринужденность, с которой оперировал держателем молодой рабочий на мосту, рождали у меня представление о сварке как о чем-то весьма несложном... Часто случается так: пока человек профан в каком-то новом для него деле, пока он смотрит только со стороны, все кажется ему понятным, доступным и неумудренным. Так было и со мной» [1, с.103]

Полностью оценить «поступок» известного ученого – мостостроителя можно только в контексте мирового развития инновационных технологий сварки в предвоенные годы и годы Второй мировой войны.

Во втором десятилетии прошлого века изготовление ответственных сварных изделий только началось. В США, Германии, Бельгии, ряде других стран создавались исследовательские лаборатории, работали конструкторские группы, налаживалось производство сварочного оборудования.

В СССР исследованием тепловых и энергетических особенностей сварочных процессов занимались К.К. Хренов, В.П. Никитин, Н.Н. Рыкалин и А.Е. Алексеев (Сварочный комбинат, МВТУ им. Н.Э. Баумана, завод «Электрик», МИИЖТ и др.), рекомендации по проектированию сварных конструкций разрабатывали Е.О. Патон, Г.А. Николаев,

В.П. Вологдин и др. Выполнялись работы по созданию сварочного оборудования, в т. ч. для контактной сварки, автоматизации дуговой сварки, улучшались сварочные материалы [2]. Темпы разработки и внедрения прогрессивных технологий не удовлетворяли руководство СССР. Был принят ряд постановлений, в т. ч.: о создании Всесоюзного авторитетного комитета, о материально-технической базе производства сварочного оборудования и материалов и др. [2].

В 1929 г. Е.О. Патон создает при Всеукраинской академии наук Электросварочную лабораторию, Электросварочный комитет.

Следует отметить, что в этот период истории техники проблемами сварки занимались разнообразные специалисты во многих промышленно развитых странах, однако в лабораториях фирм, предприятий, на кафедрах вузов рассматривались отдельные аспекты сварочного производства. В 1931 г. Е.О. Патон впервые в мире разработал комплексную программу развития сварочного производства, основанного на механизации и автоматизации.

Объем плановых научно-исследовательских и производственных заказных работ, выполняемых под руководством Е.О. Патона, быстро расширялся. Ученый пишет: «Бурное развитие электрической сварки в стране мы чувствовали на себе: заводы и стройки ставили перед нашей лабораторией всё новые и новые вопросы, на которые уже нелегко было ответить нашими силами... В рамках лаборатории и комитета нам уже было тесно, характер их деятельности становился таким всеобъемлющим, а масштабы работы так разрастались, что сама жизнь заставляла нас искать новые, более совершенные формы научной работы. Мне казалось, что вполне назрел вопрос о создании специального научно-исследовательского института по сварке.» [1, с.11].

И как часто это бывает при рождении нового дела находят скептики и критики. Е.О. Патон вспоминает: «Мне говорили некоторые академики: - А не слишком ли это узкая область для целого научного института? - У нас в стране нигде нет подобного института. Что-то Вы мудрите» [1, с.125].

*Часть 2

3 января 1934 г. Совет народных комиссаров УССР принимает решение «О создании Института электросварки» (ИЭС) - первого в мире специализированного учреждения в области сварочного производства. Директором и научным руководителем утверждается академик Е.О. Патон.

Спустя полвека Борис Евгеньевич Патон так оценивает значение этого решения: «Институт электросварки, созданный Евгением Оскаровичем Патоном в 1934 г., является первой в мире научно-исследовательской организацией по проблемам сварочного производства. ... Благодаря разработанной Е.О. Патоном структуре, подбору и воспитанию специалистов институт сразу же начал быстро самостоятельно создавать новые технологии, начиная от идеи и кончая внедрением. ... Над проблемами сварочного производства работали во многих странах, но благодаря такой организации в Институте электросварки созданы изобретения, решившие многие проблемы экономического развития страны, научно-технического прогресса, ставшие основой новых отраслей техники» [3].

К началу 1939 г. в ИЭС была создана отечественная технология автоматической дуговой сварки под слоем флюса конструкционных сталей. Скорость автоматической сварки превышала в 10 раз скорость сварки ручников-стахановцев при стабильно высоком качестве шва. Разработаны конструкции специализированных станков для автоматической сварки изделий машиностроительных отраслей. Узнав об этом, Первый секретарь ЦК КП(б) Украины Н.С. Хрущева немедленно доложил о выдающемся достижении украинского академика в Москву Генеральному секретарю ЦК ВКП(б) И.В. Сталину [4]. В декабре 1940 г. ЦК ВКП(б) и Совнарком СССР приняли «Постановление о внедрении скоростной автоматической сварки». За шесть месяцев автоматическая сварка под руководством Е.О. Патона освоена на 20 крупнейших заводах СССР [5].

Вклад в Победу!

С началом Великой Отечественной войны ИЭС был эвакуирован на Урал. В сентябре 1941 г. в Нижний Тагил прибыл первый собственный цельносварной опытный вагон. В одной из лабораторий Уральского вагоностроительного завода им. Ф.Э. Дзержинского сразу же было смонтировано опытно-лабораторное и производственное оборудование. К концу 1941 г. на территорию этого завода был перебазирован Харьковский паровозостроительный завод им. Коминтерна. Он стал называться Уральским танковым заводом № 183 им. Коминтерна. Завод развернул массовый выпуск среднего танка Т-34, признанного лучшим танком Второй мировой войны.

В трудных условиях военного времени под его руководством Е.О. Патона сотрудники ИЭС впервые в мире решили сложнейшие научные и техни-

ческие задачи, связанные с автоматической сваркой брони. К концу 1941 г. были выполнены экспериментальные и теоретические исследования причин возникновения трещин в сварных швах броневой стали. Впервые в мире удалось создать автоматическую скоростную дуговую сварку броневых сталей.

Продолжались целенаправленные научные исследования, в частности, процессов в мощной сварочной дуге, горящей под флюсом (А.М. Макара, Б.Е. Патон), металлургии плавления сварочных флюсов. На основе закона саморегулирования дугового процесса, открытого В.И. Дятловым, был создан класс сварочных автоматов с постоянной скоростью подачи электродной проволоки. Одновременно с разработкой технологии были спроектированы и изготовлены установки для сварки корпуса танка Т-34 (П.И. Севбо и др.).

В январе 1942 г. был сварен первый образец корпуса Т-34.

Но на пути новаторских разработок Е.О. Патона возникли «организационные» трудности. Его предложение внедрить новую технологию для сварки танковых корпусов, было встречено с недоверием. Руководство завода не хотело рисковать, не спешило заменять опытных сварщиков-ручников мальчиками и девочками из ремесленного училища, которых сотрудники института только что научи-



Схема некоторых сварных соединений танка Т-34

ли нажимать кнопки автомата. Ведь в случае, если корпус окажется с дефектами, и из-за новой неизвестной технологии будет сорван выпуск танков, это могли расценить как саботаж и наказать по всей строгости военного времени. Легко догадаться, что первым был бы наказан «старый спец», который вырос и учился в Германии. Но фронт нуждался в танках и перспективу быть наказанным Е.О. Патон проигнорировал и настойчиво требовал внедрение автоматической сварки.

Нарком танковой промышленности В.А. Малышев, узнав о новой технологии, приказал провести натурные испытания. Один борт танкового корпуса сварили лучшие сварщики вручную, второй – ученик ремесленного училища, обученный патоновцами. После жесточайшего обстрела оказалось, что «автоматные» швы прочнее «ручных». В феврале 1942 г. нарком издал приказ о внедрении автоматической сварки в промышленности.

Теперь работы по применению нового процесса сварки велись в содружестве института, КБ и завода. Освоив борты танка на двух автоматических установках, стали сваривать нос танка, затем разработали установку и технологию сварки подпогонного кольца и др. узлов. Конструкторы танков охотно шли на изменения конструкции отдельных узлов, с тем чтобы обеспечить возможность применения автоматов. Активно участвовали в решении этих вопросов главный конструктор танкового КБ А.А. Морозов, главный конструктор тяжёлых танков ИС и КВ Ж.Я. Котин. В 1942-1943 гг. было разработано 20 проектов установок для сварки танковых корпусов и 8 – для сварки авиабомб и боеприпасов. Значительная часть оборудования изготавливалась в мастерской института детьми сотрудников.

В годы войны сотрудниками института было написано и издано более десятка печатных работ. Среди них – третье издание фундаментальной монографии Е.О. Патона «Скоростная автоматическая сварка под слоем флюса» и уникальное по содержанию «Руководство по сварке бронеконструкций» [6]. В январе 1943 г. по инициативе директора института в Нижнем Тагиле была проведена научная конференция по сварке под флюсом.

Борис Евгеньевич Патон в одном из интервью на вопрос: «Время Вашего профессионального становления выпало на годы Великой Отечественной войны. Какими были Ваши первые шаги в сферу научной деятельности?» так сказал о работе Института электросварки в это время: «Начну с оценки работы коллектива Института, которую дал Евгений Оскарович: «за три года мы сделали то, что в мирное время обычно делают лет восемь – десять». Впрочем, мы не были исключением. Под призывом «Тыл - фронту» – так работал весь народ. Наш институт был эвакуирован на Урал, в Нижний Тагил. Там, из Харьковского танкового КБ, металлургиче-

ских заводов Днепропетровска и Мариуполя, и Новокраматорского машиностроительного на территории Уралвагонзавода образовался Уральский танковый завод. В нашем институте впервые в мире создали автоматическую сварку броневых сталей со скоростью, в 10 раз выше существовавшей ручной сварки. Плюс экономия электроэнергии, упрощенное оборудование. И что важно - управлять автоматами мы научили подростков из ремесленных училищ. Только на Уральском танковом заводе было высвобождено 250 сварщиков... А мой профессионализм, впрочем, как и других сотрудников института, рос с такой же десятикратной скоростью. Нас было мало и всем приходилось работать лаборантами, рабочими, исследователями, наладчиками, инструкторами. Так что научную деятельность я начал с самого первого звена. И, конечно, потребовались мои знания инженера-электрика. Первую научную работу я вместе с А.М. Макарой выполнял в свободное ночное время. Были исследованы энергетические процессы сварки под флюсом. Результаты тут же использовали для совершенствования оборудования и технологии. И изложены в моей первой научной публикации.

Мы выезжали на заводы, работали непосредственно в цехах, обучали сварщиков. Автосварку внедрили на 52-х заводах, в СССР выпустили более 100 тысяч танков и САУ. Самого Евгения Оскаровича можно было часто встретить в цехах и на совещаниях руководителей танковых заводов. Я горжусь тем, что тогда, работая, как и все сотрудники института, наладчиком установок и инструктором, выполнил научные исследования дуговых и металлургических процессов» [7].



Ученый уверен в высоком качестве сварных соединений

Характеризуя работу руководителя Института, Б.Е. Патон написал: «Стремились понять, что помогло нашему небольшому, плохо одетому, скудно питаемому товариществу с честью выполнить свой долг перед народом, перед страной. Прежде всего, это чёткое и целеустремлённое руководство. Директор не терпел застоя и бесплодного топтания на месте. Он умел сам и научил нас гибко менять направление главного удара в зависимости от новых данных, от веления времени. Для всех молодых членов коллектива (а их было большинство) совместная работа с Евгением Оскаровичем была неоценимым даром. Общение с ним и с танкостроителями стало для нас отличной школой. Из неё мы вышли сложившимися людьми и неплохими специалистами. Нас вдохновляло единое для всех советских людей стремление, сжав зубы, напрячь все силы и победить во что бы то ни стало. Помогало в решении сложных вопросов чувство товарищества, единства, взаимоуважения» [8, с.85]

Е.О. Патон показывал пример отношение к работе сотрудникам и сыновьям. Он пишет: «Я участвовал в монтаже и освоении каждой сварочной установки. И следил за ними до тех пор, пока не изживались все трудности пускового периода. Там, где все шло хорошо, показывался редко, там, где возникали трудности или намечалось отставание, бывал регулярно. ... В то время в институте не было ни заместителя директора, ни ученого секретаря, ни начальника отдела внедрения. Приходилось самому руководить разработкой новых тем, планировать работу, вести обширную переписку с заводами и наркоматами, вести лабораторией, мастерскими,

инструкторами в цехах и т. д. Несмотря на такую загрузку, я никогда не позволял себе «сплавить», переадресовать какое-нибудь дело по инстанции, а непременно лично поручал его тому или иному работнику, и сам следил за выполнением во всех подробностях, не упуская так называемых мелочей» [1].

Соревнования советской индустрии с капиталистическими концернами только разворачивалось, когда промышленность фашистской Германии получила подкрепление: с 1941 до 1942 гг. количество иностранных рабочих и военнопленных, занятых в производстве оборонной и др. продукции, увеличилась с 3 до 7 млн. человек. К середине 1942 г. по сравнению с февралем того же года производство вооружений Германии выросло в полтора раза. И среди этой продукции основная доля приходилась на танки. Если в 1941 г. было произведено 5,2 тыс. бронетехники, то в 1942 г. - 9,3 тыс.

Оборонная промышленность СССР продолжала наращивать выпуск боевой техники. Во второй половине 1942 г. промышленность СССР уже дала больше танков чем заводы Германии, Чехословакии, Франции и др. оккупированных ею стран. Повышалась и качество оружия. Патоновцам пришлось разработать технологию сварки брони толщиной 90 и 120 мм. На фронте появились боевые машины «ИС-1», а в конце декабря были изготовлены образцы «ИС-2» - тяжелые танки с мощной броней и 122-миллиметровой пушкой [9 - 11].

Война дала толчок развитию сварки в других воюющих странах. С 1940 по 1942 гг. объем сварочного производства в США вырос втрое в основном за счет ручной дуговой сварки. Но ни в США,



Они сваривали танки в 1941-1944 гг., Киев, ИЭС им. Е.О. Патона, 1982 г. Сидят (слева): Г.З. Волошкевич, П.И. Севбо, Б.Е. Патон, М.Н. Сидоренко, А.Е. Аснис, М.И. Тищенко, М.М. Грохотов; стоят: М.Ф. Александров, Д.М. Рабкин, К.К. Фриде, С.А. Островская, В.Е. Патон, Л.М. Гутман, Т.М. Слущкая.



Митинг у Мемориала танкостроителям. ИЭС им. Е.О. Патона,
8 мая 2011 г.

ни в Германии технологии автоматической сварки брони не было. Вручную сваривали танки в США («Генерал Грант» и др.), в Великобритании («Матильда» и «Валентайн») [12].

Оценивая заочное соревнование между ИЭС и немецкими сварочными лабораториями (в первую очередь лабораторией Крупа), Б.Е. Патон отмечает: «В годы войны фашисты неоднократно пытались применить механизированную сварку при производстве» тигров», «пантер», и других своих» звериных» танков, но так и не смогли это осуществить. Блестящая победа наших войск на Курской дуге летом 1943 г. предоставила большие возможности для изучения качества сварки немецких машин. Данные показали, что все швы сваривались вручную, качество сварки было значительно ниже, чем на наших танках. Первый слой имел небольшие размеры и выполнялся аустенитными электродами, другая часть шва создавалась многослойной сваркой ферритными электродами. Все сечение этой части было поражено порами» [8].

К концу 1944 г. автоматическая сварка под флюсом была внедрена на 52 заводах страны. За годы войны советская промышленность выпустила 104 000 танков и САУ, превзошла промышленность США (86 000) и Германии (53 800). Техническое оснащение войск сказалось как на тактике ведения боя, так и на стратегии крупнейших операций.

Евгений Оскарович Патон так оценил характер работы своего института в этот исторический период: «Нашей основной заслугой я считал то, что мы настойчиво и упорно, преодолевая трудности и препятствия, а иногда и косность и пассивность, внедряли новый скоростной метод сварки в оборонную промышленность. Мы не закрывались в своих кабинетах, работали на заводах и вместе с рабочими ковали оружие победы. Тесное содружество с заводами заставило нас действовать быстрее, энергичнее и гораздо инициативнее. За три года войны институт выполнил работу, на которую в мирных

условиях ушло бы восемь-десять лет [1].

2 марта 1943 г. Е.О. Патону первому из украинских академиков было присвоено звание Героя Социалистического Труда. Вклад Е.О. Патона в Победу отмечен боевыми орденами: Отечественной войны первой степени и Красной Звезды.

В 1945 г. Институту электросварки Постановлением правительства присвоено имя Е.О. Патона: «В ознаменование 75-летия со дня рождения и 50-летия его научной, инженерной и педагогической деятельности.»

В 1985 г. к сорокалетию Победы в Великой Отечественной войне на территории института на постаменте был установлен танк Т-34, а рядом открыта мемориальная доска с именами сотрудников Института электросварки, которые под руководством Евгения Оскаровича Патона совершили трудовой подвиг — создали технологию механизированной сварки броневых корпусов танков и участвовали в организации их массового производства.

Литература.

1. Патон Е.О. Воспоминания. - Киев: Гослитиздат-УССР, 1956. - 320 с.
2. Корниенко А.Н. История сварки. - Киев: Изд-во «Феникс», 2004. - 212 с.
3. Борис Патон. Интервью. Газета «Сегодня», 2014, 30 Декабря. - С.4
4. Хрущев Н.С. Воспоминания. Кн. 1. - Москва: Инфор. издат. Компания «Московские Новости», 1999. - 918 с.
5. Патон Е.О. Скоростная автоматическая сварка под слоем флюса. 2-е изд. - М.; Л.: Машгиз, 1941. - 112 с.
6. Руководство по автоматической сварке бронеконструкций. / Под ред. Е.О. Патона. - Институт электросварки АН УССР. - 1943. - 139 с.
7. Патон Б.Е. Интервью. // Газета «Аргументы и факты», 27 ноября 2008.
8. Патон Б.Е. Шов длиной в 4000000 метров. / В кн. «Т-34: путь к Победе». - К.: Политиздат Украины, 1989 - 256 с. (с.166-188).
9. Патон Б.Е. Развитие автоматической электросварки под флюсом за годы войны. // Электричество. - 1945, № 3. - С. 3-5.
11. Великая Отечественная война Советского Союза 1941–1945: Краткая история. - М.: Воениздат, 1970. - 571 с.
10. Решения партии и правительства по хозяйственным вопросам. / Сборник документов за 50 лет. - М., 1968. - Т. 3.
12. Containment: Documents on American Policy and Strategy, 1945–1950. - N. Y.: Columbia University Press, 1978.

●#1238

На съезде НАКС награждены лучшие сварщики мира

С 21 по 24 января 2020 г. СРО Ассоциация «Национальное агентство контроля сварки» (НАКС) провела Съезд организаций, участвующих в деятельности Системы аттестации сварочного производства и Совета по профессиональным квалификациям в области сварки. В работе съезда участвуют представители организаций и предприятий - членов НАКС. В рамках форума состоялась церемония награждения участников сборной России, одержавшей в 2019 г. командную победу в престижном профессиональном соревновании сварщиков «Кубок дуги» в Ланфане (КНР). Среди награжденных - «золотые» сварщики МОСГАЗ-а, внесшие ощутимый вклад в триумф российской сборной.

В насыщенной программе съезда - общее собрание членов НАКС, заседание президиума ассоциации и президиума Общероссийской общественной организации «Российское сварочное профессиональное сообщество», открытые заседания НТС НАКС, Совета по профессиональным квалификациям в области сварки, Комитета НТС НАКС по полимерным технологиям и Технического комитета Росстандарта, семинары, тематические совещания и круглые столы. Участники форума обсуждали итоги деятельности НАКС в 2019 г., направления развития системы аттестации сварочного производства, актуальные задачи на 2020 г., а также работу Совета по профессиональным квалификациям в области сварки по формированию Национальной системы квалификаций России.

Безусловно, одним из самых ярких событий съезда стала состоявшаяся в конференц-зале учебно-лабораторного корпуса МГТУ им. Н.Э. Баумана на Рубцовской набережной церемония награждения членов объединенной команды России, занявшей первое место на проходившем в китайском Ланфане 4-9 сентября 2019 г. международном конкурсе «Arc Cup International Welding Competition» («Кубок дуги»). Награды - кубок, дипломы за выдающийся профессионализм и благодарности - вручил победителям президент НАКС, академик РАН Николай Алешин. - Сегодня мы чествуем специалистов, которых, без всякого преувеличения, можно назвать лучшими сварщиками планеты, - сказал Николай Алешин. - Успешное выступление российской команды в столь напряженном конкурсе дорогого стоит, и мы высоко оцениваем подготовку наших сварщиков, завоевавших трудную, но от этого еще более значимую победу на «Кубке дуги-2019», и мы с гордостью сообщаем, что соответствующее письмо о достижениях наших чемпионов направлено в администрацию Президента России.

Среди награжденных - наставник сборной МОСГАЗ-а главный сварщик предприятия Владимир Емцев, сварщик Управления аварийно-восстановительных работ АО «МОСГАЗ», двукратный чемпион мира 2017 и 2019 гг. в номинации «Газовая сварка кислородно-ацетиленовым пламенем» Александр Тихонов; сварщик Управления «Мосгазстрой» Камалутдин Апризов, завоевавший на «Кубке дуги-2019» третий приз в номинации «Ручная электродуговая сварка»; сварщик Управления «Моспромгаз» Дмитрий Орлов, ставший в Китае третьим в номинации «Сварка готовой конструкции по чертежам», специалист Службы главного сварщика Сергей Туртунов, два года назад привезший из Китая «серебро» в номинации «Сварка готовой конструкции», а в 2019 г. в тандеме с экспертом НАКС Павлом Кузнецовым завоевавший третий приз в сложнейшей номинации «Автоматическая сварка труб в различных пространственных положениях», и обладатель серебряной медали соревнований



в Китае 2017 г., двукратный призер «Кубка дуги-2019» сварщик Службы главного сварщика АО «МОСГАЗ» Константин Константинов.

Высоко оценил подготовку сварщиков МОСГАЗ-а глава российской делегации, заместитель начальника отдела технического регулирования и оценки квалификации СРО Ассоциация «НАКС», член жюри международного конкурса Сергей Минаев. - Сборная «Russia NAKS Team» победила в борьбе с сильнейшими командами, ведь в Китае с нами соревновались более четырехсот лучших сварщиков мира, - напомнил Сергей Минаев. - Сегодня приятно осознавать, что мы смогли не просто участвовать во всех номинациях, но и завоевать много индивидуальных наград, заняв первое место в общекомандном зачете. Успешное выступление столичных газовиков в составе сборной команды России - закономерный результат большой работы, проводимой МОСГАЗ-ом в области разработки и внедрения новейших сварочных технологий, постоянного и системного повышения профессионального уровня сварщиков. Не случайно НАКС принял решение о создании Аттестационного центра именно на базе МОСГАЗ-а.

Двукратный чемпион мира по сварке Александр Тихонов не скрывал - победа на «Кубке дуги-2019» досталась нелегко. - Наверное, отстоять титул чемпиона мира сложнее, чем завоевать его, ведь от меня ожидали только самых лучших результатов, - сказал Александр после церемонии награждения. - Но помог особый настрой на победу, мы ощущали поддержку и руководства, и всего коллектива сборной, и чувствовали особую ответственность. Конечно, в Китае было трудно, все-таки другая страна, другое оборудование, другой металл, но для меня это была повседневная работа, и я рад, что нам удалось доказать свой высокий профессионализм, достойно представить предприятие и страну на таком престижном международном конкурсе, как «Кубок дуги-2019». Уверен, это не последняя наша победа, а значит, будем готовиться к новым соревнованиям.

www.mos-gas.ru

● #1239

Разработка РФЯЦ-ВНИИЭФ «Тианокс» стала лауреатом премии И.П. Кулибина Нижегородской области

Аппарат для ингаляционной терапии оксидом азота (в т.ч. пневмонии от коронавируса) «Тианокс», разработанный в ФГУП «Российский федеральный ядерный центр - Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики» (РФЯЦ-ВНИИЭФ) – предприятие Госкорпорации «Росатом», стал победителем конкурса «Патент года – 2018» на соискание премии имени Кулибина Нижегородской области в номинации «Лучший промышленный образец».

По словам Евгения Люлина, вице-губернатора Нижегородской области, у региона высокий образовательный и научный потенциал, который может быть эффективно использован для развития экономики области. «Например, аппарат для терапии оксидом азота – очень перспективная промышленная разработка, не имеющая аналогов в мире, – подчеркнул вице-губернатор. Первые промышленные образцы прошли тестирование в нескольких медицинских учреждениях. Продукт выведет на рынок в 2019 г.»

Аппарат «Тианокс» получил высокую оценку гендиректора Госкорпорации «Росатом» Алексея Лихачева во время его визита в РФЯЦ-ВНИИЭФ, а в 2019 г. был удостоен главного приза Международного салона изобретений и новых технологий «Новое время» в Севастополе. «В настоящее время иностранные компании используют баллоны с оксидом азота (NO) и ни одна из них не генерирует его самостоятельно. Стоимость таких аппаратов начинается от 3 млн руб. без учета затрат на расходные материалы. Для большинства отечественных клиник это недоступно. Наш аппарат сам генерирует оксид азота из окружающего воздуха, доставляет его в дыхательный контур и в режиме реального времени производит мониторинг концентрации NO, подаваемого пациенту. Т. о., для работы аппарата



та нужно только электричество, потребление которого составляет не более 100 ватт», – комментирует один из разработчиков – ведущий научный сотрудник РФЯЦ-ВНИИЭФ Александр Ширишин.

Конкурс на соискание премии Нижегородской области им. И.П. Кулибина проводится с 2008 г. Премия является государственной наградой Нижегородской области и присуждается обладателям прав на объекты интеллектуальной собственности, внесшим существенный вклад в социально-экономическое развитие, улучшение качества жизни и безопасности населения Нижегородской области. Премия призвана стимулировать создание объектов интеллектуальной собственности и внедрение результатов научно-технической и творческой деятельности в экономику региона. РФЯЦ-ВНИИЭФ неоднократно становился приззером и лауреатом конкурса.

www.rosatom.ru

● #1240

Новые устройства подачи проволоки от компании ESAB

Компания ESAB, один из лидеров в области производства оборудования и расходных материалов для сварки и резки, объявила о пополнении в линейке устройств подачи проволоки RobustFeed – Robust Feed Pulse и Robust Feed U6.

Обе новинки – это надежные портативные устройства подачи проволоки для импульсной сварки. В сочетании с новым сварочным источником Aristo 500ix они представляют собой идеальное решение для требовательных процессов в сварке. В числе ключевых преимуществ серии Robust Feed – эргономичная, прочная и закрытая конструкция. Это единственные на рынке блоки подачи проволоки с классом защиты IP44. Оба устройства с легкостью выдерживают температуру работы от – 20 до +55, а транспортировки от –40 до + 80, что делает их оптимальными в ситуациях, требующих особой прочности и мобильности. Модели оснащены также новой прецизионной системой подачи, которая обеспечивает высокую скорость и надежность процесса. Дополнительные функции включают разъем ОКС для MMA сварки и строжки, а также встроенный расходомер.

В числе ключевых отличий между моделями – панель управления. Панель Robust Feed Pulse проста и интуитивно понятна в работе и настройке, в то время как панель Robust Feed U6 предлагает дополнительные возможности и включает в себя ограничение и блокировку параметров для лучшей стабильности. Тем не менее, оба устройства предлагают синергические линии для широкого ассортимента сварочной проволоки.

Кроме того, новинки обладают встроенным нагревателем для поддержания сварочной проволоки в сухом состоянии, а также защищенными кабельными разъемами и надежными компенсаторами нагрузки соединительного кабеля и сварочной горелки, которые помогают снизить частоту обслуживания.

В совокупности все это обеспечивает снижение разбрызгивания и объемов очистки после сварки, а также контроль внешнего вида и профиля сварного валика и многое другое, что не менее важно для конечного результата.

Robust Feed Pulse и Robust Feed U6 отлично подойдут для работы как в полевых условиях, так и в цеху, на тележке, с колесами и без них, а также и с др. аксессуарами. «Новые устройства подачи проволоки – это универсальные и мощные решения, способные поднять уровень эффективности сварочных работ на новый уровень. Каждый раз, когда мы выпускаем на рынок дополнение к существующим и популярным линейкам оборудования, мы учитываем все ключевые пожелания и потребности заказчиков. Надеемся, что и в этот раз нам удастся превзойти их ожидания» – отмечает Андрей Седов – начальник отдела стандартного оборудования ESAB в России и СНГ.



● #1241



СВАРКА и РЕЗКА

20-я международная специализированная
выставка оборудования, приборов
и инструментов для сварки и резки

15-18.09.2020



ЗАЩИТА ОТ КОРРОЗИИ. ПОКРЫТИЯ

Международный специализированный салон



МАШИНОСТРОЕНИЕ

Международная специализированная выставка



ЛИТМЕТЭКСПО

Международная специализированная выставка

**Беларусь, Минск,
пр-т Победителей, 20/2
Футбольный манеж**

Организатор:



МИНСКЭКСПО

Тел.: +375 17 226 98 58

+375 17 226 90 83

Факс: + 375 17 226 98 58

+375 17 226 99 36

E-mail: e_fedorova@minskexpo.com

Генеральный
информационный
партнер:

Сварщик
в Беларуси

ТЕХНИЧЕСКАЯ ЛИТЕРАТУРА

Название книги	Цена (руб.)*
В. М. Литвинов, Ю. Н. Лысенко. Кислородная резка и выпечной 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 совре- менных сварных конструкциях. 2006. — 112 с. с илл. 400	
П. М. Корольков. Термическая обработка сварных соединений. 3-е изд., перераб. и доп. 2006. — 176 с. 400	
А. Е. Анохов, П. М. Корольков. Сварка и термиче- ская обработка в энергетике. 2006. — 320 с. 500	
Г. И. Лашенко. Способы дуговой сварки стали плавящимся электродом. 2006. — 384 с. 500	
А. А. Кайдалов. Современные технологии термической и дистанционной резки конструкционных материалов. 2007. — 456 с. 500	
П. В. Гладкий, Е. Ф. Переплетчиков, И. А. Рябцев. Плазменная наплавка. 2007. — 292 с. 500	
** А. Г. Потапьевский. Сварка в защитных газах плавящимся электродом. Часть 1. Сварка в активных газах. 2007. — 192 с. 500	
Г. И. Лашенко, 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. Лашенко. 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 %)