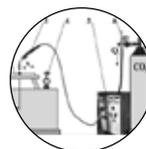


СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|-----------|
| Новости техники и технологий | 4 |
| Технологии сварки трением Установка сварки трением с перемешиванием «Малахит». <i>П.А. Васильев, О.В. Христофоров, П.В. Данилов, А.В. Дмитриев, А.Г. Калинин, В.Н. Осанов, И.П. Васильев, В.С. Григорьев</i> | 6 |
| Технологии сварки в полевых условиях Влияние скорости движения воздуха на качество формирования стыковых соединений при сварке в полевых условиях. <i>С.Ю. Максимов, А.А. Гаврилюк</i> | 10 |
| Технологии ремонта в судоремонтном производстве Ремонт лопастей бронзового гребного винта методом приварки наделок. <i>В.Б. Лобода</i> | 12 |
| Газопламенная резка и термическая правка Газопламенная правка металлоконструкций. Основные положения. <i>В.И. Панов</i> | 15 |
| Оборудование для производства Резак РЗШ для газокислородной резки прибылей литья и лома толщиной до 300 мм. <i>В.М. Литвинов, Ю.Н. Лысенко</i> | 18 |
| Охрана труда и стандартизация Современные устройства комплексной защиты для низковольтного электрооборудования. <i>О.Г. Левченко, С.Ф. Каштанов, А.П. Олейник</i> | 22 |
| Новинки сварочного оборудования LightWELD 1500 – компактная и простая система ручной лазерной сварки от ООО «ИРС»! | 25 |
| Выставки и конференции Выставка «Сварка/Welding 2020» состоялась в гибридном формате | 27 |
| Итоги международного форума и выставки «Безопасность и охрана труда» (БИОТ 2020) | 28 |
| II Международная конференция «Сварка в России – 2020: Современное состояние и перспективы» | 29 |
| Памяти Б.Е. Патона Бремя умных. Интервью академика Б.Е. Патона Ю.М. Батурину: журнал «Вопросы истории естествознания и техники» | 32 |
| Вклад ИЭС им. Е.О. Патона в научно-технический прогресс. Памяти Б.Е. Патона. Сварка и родственные технологии – боевому ракетостроению. Часть 2. Первые конструкции и совершенствование технологии сварки. <i>Л.М. Лобанов, А.Н. Корниенко</i> | 35 |



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 dd.mm.2020. Формат 60×84 1/8.

Печать офсетная. Бумага офсетная. Гарнитура PetersburgC.

Отпечатано в ЗАО «ТДДС-Столица-8».

Заказ № nnnnn от dd.mm.2020. Тираж 1000 экз.

Издание выходит при содействии производственно-технического журнала «Сварщик»

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

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

Главный редактор В. Д. Позняков

Зам. главного редактора В. Г. Абрамишвили

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

Адрес редакции 03150, Киев, а/я 337

Тел./факс +380 44 200 80 14

E-mail welder.kiev@gmail.com

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

Подписка-2021

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 engineering and technology 4

Technologies of friction welding

- Installation of friction stir welding «Malachite».
P.A. Vasiliev, O.V. Khristoforov, P.V. Danilov, A.V. Dmitriev, A.G. Kalinin, V.N. Osanov, I.P. Vasiliev, V.S. Grigoriev **6**

Field welding technologies

- Influence of air velocity on the quality of formation of butt joints when welding in the field.
S.Yu. Maksimov, A.A. Gavrilyuk **10**

Repair technologies in ship repair production

- Repair of bronze propeller blades by welding of attachments.
V.B. Loboda **12**

Gas-flame cutting and thermal fixing

- Gas-flame fixing of metal structures. Basic provisions.
V.I. Panov **15**

Equipment for the production

- R3SH cutter for oxy-fuel cutting of the profits of casting and scrap up to 300 mm thick.
V.M. Litvinov, Yu.N. Lysenko **18**

Labor protection and standardization

- Modern devices of comprehensive protection for low-voltage electrical equipment.
O.G. Levchenko, S.F. Kashtanov, A.P. Oleinik **22**

New welding equipment

- LightWELD 1500 - compact and simple manual laser welding system from LLC IRS! **25**

Exhibitions and conferences

- Exhibition «Welding/Welding 2020» was held in a hybrid format **27**
- Results of the International Forum and Exhibition «Safety and Labor Protection» (BIOT 2020) **28**
- II International Conference «Welding in Russia - 2020: Current state and prospects» **29**

In memory of B.E. Paton

- The burden of the smart. Interview with academician B.E. Paton Yu.M. Baturin: journal «Questions of the history of natural science and technology» **32**

Contribution of the E.O. Paton EWI in scientific and technological progress. In memory of the B.E. Paton

- Welding and related technologies – for combat rocketry. Part 2. First designs and improvement of welding technology.
L.M. Lobanov, A.N. Kornienko **35**

Установка сварки трением с перемешиванием «Малахит».

*П.А. Васильев, О.В. Христофоров, П.В. Данилов, А.В. Дмитриев,
А.Г. Калинин, В.Н. Осанов, И.П. Васильев, В.С. Григорьев*

Описана конструкция установки сварки трением с перемешиванием «Малахит», разработанная и изготовленная Чувашским государственным университетом. Установка предназначена для сварки в горизонтальной плоскости конструктивных элементов из алюминиевых сплавов толщиной до 20 мм. Габариты сварочного стола 3000х2000 мм. Максимальная длина продольного шва составляет 2000 мм, поперечных 1500 мм. Максимальная высота устанавливаемого на рабочий стол изделия 800 мм. Мощность электродвигателя привода 18,5 кВт. Максимальное вертикальное усилие на рабочем инструменте 3500 кгс, частота вращения 25-2500 об/мин, скорость сварки 10-500 мм/мин. Установка смонтирована на колесных опорах, масса 3500 кг.

Влияние скорости движения воздуха на качество формирования стыковых соединений при сварке в полевых условиях.

С.Ю. Максимов, А.А. Гаврилюк

С целью получения качественных сварных соединений разных типов определены условия предотвращения образования пор в металле швов вследствие нарушения газовой защиты сварочной ванны под воздействием движения воздуха. Показано, что в полевых условиях при механизированной дуговой сварке в CO_2 проволокой сплошного сечения Св08Г2С исключается возникновение пор при скорости воздуха до 2 м/с. Установлено, что применение порошковой проволоки повышает допустимую скорость воздуха до 2,6 м/с в результате наличия шлаковой защиты из компонентов сердечника.

Ремонт лопастей бронзового гребного винта методом приварки наделок.

В.Б. Лобода

Статья посвящена процессам ремонтной сварки бронзовых гребных винтов, изготовленных из марганцовистых бронз, широко применяющихся в современном судостроении. Гребные винты являются дорогостоящими деталями современных судов и эффективные способы ремонта позволяют снизить затраты на судоремонт.

Современные технологии восстановления и ремонта способами сварки, наплавки, газотермического напыления, сверхзвуковой дуговой металлизации и др., позволяют не только сохранить номинальные параметры изделий, но и значительно их улучшить. При этом себестоимость восстановленных изделий составляет до 30% от стоимости новых. Рассмотрен способ высокопроизводительной, механизированной (полуавтоматической) сварки (приварки) наделок лопастей бронзового гребного винта.

Газопламенная правка металлоконструкций. Основные положения.

В.И. Панов

Газопламенная правка с местным нагревом нашла широкое практическое применение в машиностроении, строительстве и др. отраслях, где приходится устранять деформацию изделий (листы, прокатный профиль, трубы, сварные конструкции и т.п.), деформированных при заготовительных операциях, сварке или транспортировке. Ее сущность заключается в концентрированном нагреве небольших участков заготовок или сварных соединений с целью создания пластических деформаций укорочения. В подвергаемом правке изделии возникают усилия, достаточные для уменьшения или исправления местного дефекта формы.

Резак РЗШ для газокислородной резки прибылей литья и лома толщиной до 300 мм.

В.М. Литвинов, Ю.Н. Лысенко

Разработан резак специального назначения РЗШ, учитывающий тяжелые условия работы при газокислородной резке прибылей литья и лома толщиной до 300 мм. Приведены технические характеристики резака, описаны его устройство и работа; представлены чертежи основных узлов и деталей, имеющих расчетные каналы. На конкретных примерах показана работа резака. Качество поверхности реза проиллюстрировано фотографиями.



Разработанная в ЦНИИТМАШ технология жидкостного борирования поможет упрочнить детали оборудования для нефтедобывающей отрасли

ГНЦ РФ АО «НПО «ЦНИИТМАШ» (Госкорпорация «Росатом» – АО «Атомэнергомаш») разработал технологию безэлектролизного жидкостного борирования, предназначенную для упрочнения деталей машин и оборудования, работающих в условиях абразивного изнашивания. Технология борирования прошла успешную проверку в нефтедобывающей отрасли в условиях опытно-промышленных испытаний электроцентробежных насосов (ЭЦН) для добычи нефти. Испытания проходили на скважине с повышенным содержанием абразивных частиц в пластовой жидкости Ван-Еганского месторождения в Нижневартовском районе Западной Сибири. Упрочнению подвергались рабочие ступени насоса (колесо и направляющий аппарат). При сборке насоса на его валу поочередно устанавливали стандартные (неупрочненные) и борированные ступени.

Техническую эффективность применения борирования ступеней насосов оценивали путем сравнения результатов замеров их наиболее изнашиваемых поверхностей. Испытания проходили в течение 213 суток.

Этот срок является средним межремонтным сроком эксплуатации ЭЦН. В результате испытаний установлено, что все неборированные ступени имели износ поверхностей в 2,5–3 раза выше, чем борированные. Неборированные ступени из-за повышенного износа рабочих поверхностей подлежат замене, а борированные ступени могут быть использованы повторно. Кроме того, по словам одного из разработчиков этой технологии сотрудника ЦНИИТМАШ Сергея Циха, технология борирования в сочетании с предварительной цементацией хорошо зарекомендовала себя и для упрочнения так называемых «концевых деталей» ЭЦН (деталей сепаратора и др.). Серьезный интерес к технологии жидкостного борирования проявляют лидеры рынка нефтяного оборудования – компании «Роснефть», «Шлюмбергер», «Борец», «Алнас», «Уралнефтемаш» и др.



www.cniitmash.com

● #1283

Завод сварочных материалов «ЭСАБ-СВЭЛ» подвел итоги за 20 лет работы

20 лет назад Санкт-Петербургский завод сварочных материалов ЗАО «СВЭЛ» вошёл в состав компании ESAB. 10 декабря 2020 г. «ЭСАБ-СВЭЛ» подвел итоги совместной работы и поделился планами на 2021 г. За 20 лет работы объём производства сварочных материалов на «ЭСАБ-СВЭЛ» вырос с 3 тыс. т в 2001 г. до порядка 23 тыс. т в 2020. На сегодня завод является крупнейшим в России поставщиком материалов для сварочной отрасли. За 20 лет было произведено около 350 тыс. т электродов, флюса и проволоки.

На конец 2020 г. предприятие выпускает больше 30 марок электродов в различной упаковке (от 2 до 5 диаметров), несколько ходовых марок сварочного флюса и 2 марки сварочной порошковой проволоки. Продукция «ЭСАБ-СВЭЛ» пользуется высоким спросом у крупнейших предприятий топливно-энергетического комплекса, Газпрома, нефтяных компаний, судостроительных заводов и др. предприятий из 40 регионов России и стран СНГ.

«ЭСАБ-СВЭЛ» является предприятием полного цикла, в 2020 г. производство не останавливалось. Годовой план по производству сварочных материалов был выполнен, более того вырос объём производства флюса и порошковой проволоки.

В 2021 г. «ЭСАБ-СВЭЛ» планирует увеличить объём выпуска высококачественных легированных электродов, сварочного флюса и сварочной порошковой проволоки, полный цикл производства которой завершится в 2022 г. В числе ключевых задач предприятия на 2021 г. – освоение новой вакуумной упаковки сварочных электродов.

Совместное предприятие ЗАО «ЭСАБ-СВЭЛ»

было основано в 2000 г., тогда его производственная мощность составляла 8 тыс. т электродов в год, а выпуск – менее 3 тыс. Уже в 2005 г. мощность завода выросла до 15 тыс. т (выпущено 9,5 тыс.). В 2007 г. на предприятии началось производство керамических флюсов, а в 2014 приступили к созданию участка производства нержавеющей электродов. Спустя еще 3 года был запущен 1-й этап производства порошковой проволоки и начался процесс комплексной автоматизации производства электродов. Сейчас на заводе трудится 170 человек.

В числе ключевых направлений развития предприятия: автоматизация упаковки электродов со 100% контролем веса пачек, оптимизация линии изготовления проволочных стержней, компьютеризация приготовления сухих смесей и электрической обмазки, а также инвестиции в новейшее оборудование прессово-сушильных линий, которые являются сердцем и точкой сборки электродного производства.

«Оглядываясь назад, мы можем с уверенностью сказать, что проделали огромную работу и достигли отличных результатов. Все это стало возможным благодаря персоналу – профессионализму сотрудников, их подходу к своей работе. Мы надеемся и в дальнейшем сохранить прежний темп развития, совершенствуя свою продукцию и развивая свои партнерские сети», – Альбина Пенягина, директор завода ESAB в Санкт-Петербурге.

● #1284



Энергетический технохаб «Санкт-Петербург» объединит компетенции крупнейших инновационных компаний России и других стран

Проект центра технологий и разработок Энергетического технохаба «Санкт-Петербург», соглашение по которому было подписано в ноябре 2019 г. между С. Петербургом, «Газпром нефтью» и Агентством по технологическому развитию, предусматривает создание цифрового центра по разработке новых решений в энергетическом секторе, в т.ч. в нефтяной и газовой промышленности. После регистрации на онлайн-платформе компании получают доступ к бизнес-планам крупнейших энергетических компаний и напрямую могут предложить им свои разработки.

Интерес к проекту сразу проявили 20 российских компаний. Велась переписка со 100 компаниями - резидентами. К созданию хаба подключились 4 петербургских вуза: «СПбПУ П. Великого», ИТМО, СПбГТИ и ГУАП.

В начале 2020 г. на месторождениях «Газпром нефти» успешно испытаны первые российские беспилотные грузовики. В сентябре 2020 г. по инициативе компании стартовала 1-я в России образовательная программа подготовки разработчиков беспилотного транспорта - совместный проект с ИТМО. В рамках создания Энерготехнохаба в Петербурге создается сеть полигонов тестирования оборудования для нефтегазовой отрасли.

В 2020 г. участники проекта объединились для решения 70 технологических вызовов энергетической отрасли, включая проекты в сфере развития возобновляемых источников энергии. В их числе - создание высокотехнологичных сервисов, систем автоматизации и промышленной безопасности, инструментов геологоразведки, подводных комплексов и роботизированных технологий для бурения. Одним из успешных проектов в экосистеме Энерготехнохаба стала разработка первых российских донных станций для сейсморазведки на шельфе. Модель получила название «Краб» и была создана инженерами петербургского Морского технического центра по заказу «Газпром нефти» и Минпромторга. 3 000 «Крабов» уже применены для исследования нефтяных месторождений в Охотском море. В ноябре 2020 г. в Баренцевом море прошли успешные испытания сейсморазведочных станций «Flounder». Это 2-я модификация модели «Краб» для выполнения глубоководных операций на шельфе Арктики.

Участниками Энерготехнохаба разработана рецептура диспергента для ликвидации разливов нефти в ледовых условиях; она создана с учетом климатических особенностей арктических морей. Это 1-й российский реагент для работы при низких температурах. Проект реализован Инжиниринговым центром МФТИ - электронным резидентом Энерготехнохаба.

К началу 2021 г. уже 100 компаний объединились в экосистеме Энерготехнохаба «Петербург»; 100-м участником стала компания Yandex.Cloud, она прошла регистрацию в статусе электронного



резидента. За последние 3 месяца 2020 г. состав резидентов Энерготехнохаба увеличился в 5 раз.

Еще один инновационный проект - разработка автоматизированного бурового комплекса нового поколения. Совместно с «Газпром нефтью» ее выполняют электронные резиденты - «Уралмаш НГО Холдинг», Yandex.Cloud и компания «Битроботикс», известная по участию в международном проекте по разработке лунной программы Boeing и NASA.

В 2021 г. к экосистеме Энерготехнохаба присоединились и зарубежные компании. Вместе с австрийской TDE Group несколько российских предприятий работают над созданием высокоскоростной системы передачи данных при наклонно-направленном бурении нефтегазовых скважин. А в партнерстве с бельгийской компанией Khaos и международным институтом IMES резиденты хаба планируют развивать технологии по обнаружению утечек парниковых газов.

Для ускорения разработок нового оборудования в рамках Энерготехнохаба запланировано создание исследовательского и испытательного полигона в С.-Петербурге. Разработана его концепция, в планах подготовка проектной документации и строительство. Сейчас участники Энерготехнохаба имеют возможность тестировать свои технологии на базе действующей сети испытательных центров петербургских вузов и предприятий. К экосистеме Энерготехнохаба присоединились студенческие энергоклубы петербургских вузов: СПбПУ, ИТМО, СПбГТИ, ГУАП и СПбМТУ. Они объединяют студентов, аспирантов, выпускников вузов, идеи которых в перспективе перерастут в бизнес-проекты в сфере традиционной и возобновляемой энергетики. Для поддержки стартапов создан акселератор EnergyLab, который в декабре 2020 г. провел 1-ю презентацию первых проектов. Презентация вызвала большой интерес, собрав много предпринимателей и потенциальных инвесторов. Помимо «Газпром нефти» в смотре проектов участвовала компания Saudi Aramco и венчурные фонды.

www.gov.spb.ru, www.gazprom-neft.ru

● #1285

Установка сварки трением с перемешиванием «Малахит»

П.А. Васильев, О.В. Христофоров, П.В. Данилов, А.В. Дмитриев, А.Г. Калинин, В.Н. Осанов, И.П. Васильев, В.С. Григорьев, Чувашский государственный университет (Чебоксары)

Технология сварки трением с перемешиванием впервые была успешно внедрена в массовом серийном производстве в ЗАО «Чебоксарское предприятие «Сеспель»» в 2008 г. при изготовлении автомобильных полуприцепов из алюминиевых сплавов [1]. Накопленный за прошедшее время опыт убедил специалистов в преимуществах этой технологии при изготовлении крупногабаритных конструктивных элементов из алюминиевых сплавов, применение которой обеспечивает снижение трудоемкости сварочных работ, повышение прочностных свойств сварных соединений и исключает вредные условия производства [2]. В настоящее время данный технологический процесс находит применение при изготовлении палубных настилов, железнодорожных цистерн, а также в строительстве.

Существенным обстоятельством, препятствующим более широкому его применению, является сложность необходимого технологического оборудования, обусловленная высокими механическими нагрузками при выполнении процесса сварки. Шпиндельный узел станка должен быть рассчитан на работу в широком диапазоне частот при осевом усилии до нескольких тысяч кгс. Оснастка должна обеспечивать жесткую фиксацию свариваемых элементов по всем трем пространственным осям. Электрическая мощность, потребляемая приводом вращения шпинделя при сварке изделий толщиной 20 мм, достигает 10 и более кВт. Конструкция станка, как правило, определяется конфигурацией изделий, для изготовления которых он предназначен и является индивидуальной, что непосредственно отражается на сроках и стоимости изготовления.

Нами разработана и изготовлена установка сварки трением с перемешиванием «Малахит», далее установка, предназначенная как для промышленного производства, так и для выполнения опытных работ с целью отработки технологических режимов сварки. Технические характеристики установки приведены в *таблице 1*.

Конструктивно установка состоит из сварочного стола с установленным на нем порталом. Общий вид установки схематически показан на *рис. 1, а, б*. Основой сварочного стола являются сварочные столы компании Bernd Siegmund GmbH размером 2000×1000×150 мм коробчатого типа с толщиной стенки 18 мм. На лицевой и боковых поверхностях

столов выполнены в виде квадратной сетки с шагом 100 мм отверстия диаметром 22 мм для установки зажимных устройств. Столы устанавливаются на раму размером 3000×2000 мм с двумя поперечными перемычками с шагом 1000 мм, сваренную из квадратной трубы 100×100×6 мм. Перемычки усилены наваренными сверху и снизу полосами 100×12 мм. На боковые длинные поверхности рамы приварены последовательно швеллер № 10, отфрезерованный до высоты 22 мм, и полоса 100×12 мм с фрезерованным пазом глубиной 5 мм. В паз установлены рельсовые направляющие HR35-N с колесиками HRC35-MN-SZ-V1. Данная конструкция стола выдерживает вертикальные точечные усилия до 4000 кгс. Рельсовые направляющие с колесиками указанного типа применяются также в других элементах конструкции установки.

На колесики устанавливаются боковые стенки толщиной 20 мм, являющиеся несущими элементами портала. Жесткость стенок обеспечивается приваренными к наружным сторонам ребрами сечением 100×20 мм. К внутренним сторонам привариваются последовательно швеллера № 10 и полосы 100×12 мм с фрезерованными пазами глубиной 5 мм. В пазы также установлены рельсовые направляющие с колесиками. Портал состоит из двух боковых стенок толщиной 20 мм и поперечной плиты также толщиной 20 мм. На боковых стенках имеются окна для обеспечения необходимого перемещения инструмента по оси X. К внутренней стороне поперечной плиты привариваются полосы сечением 100×20 мм с фре-

Таблица 1. Технические характеристики установки «Малахит»

| Характеристика | Величина |
|--|-------------|
| Диапазон толщин свариваемых встык плоских образцов, мм | 1,5–20 |
| Максимальная длина сварного шва по оси X, мм | 2 000 |
| Максимальная длина сварного шва по оси Y, мм | 1 500 |
| Рабочий ход инструмента по оси Z, мм | 800 |
| Максимальные размеры рабочего пространства стола, мм | 3000 x 2500 |
| Скорость сварки, мм/мин | 10–500 |
| Максимальная частота вращения инструмента, об/мин | 2 500 |
| Усилие на инструменте, кгс | 100–3 500 |
| Угол наклона инструмента, град. | 0–3 |
| Мощность электродвигателя шпинделя, кВт | 18,5 |

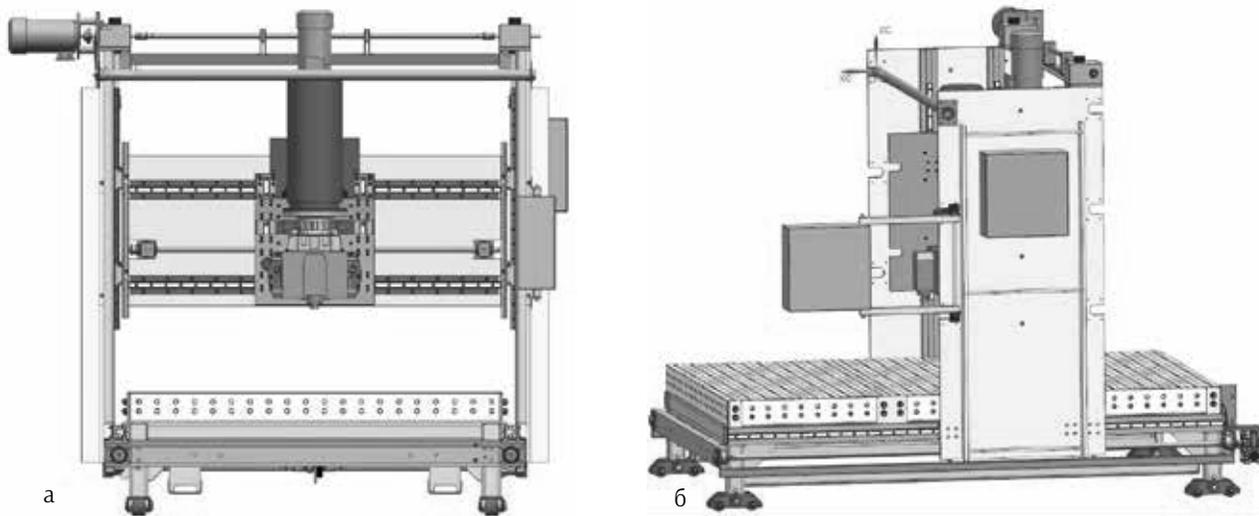


Рис. 1. Условное изображение общего вида установки «Малахит»: а – вид спереди, б – вид сбоку

зернованными пазами глубиной 5 мм для установки рельсовых направляющих с каретками. К наружной стороне плиты для обеспечения жесткости приварены двутавровые балки № 12. Описанная выше конструкция показана на рис. 2.

Перемещение портала в горизонтальном направлении по оси X по рельсовым направляющим происходит с помощью двух силовых винтов с трапецидальной резьбой Тг 36х6, установленных на сварочном столе. Винты приводятся во вращение установленными на их концах червячными редукторами SRT 70 15 AC28 с передаточным числом $i = 15$, в свою очередь приводимыми во вращение синхронно через промежуточные валы электродвигателем АДЧР90Л4–2,2 кВт. Перемещение портала в вертикальном направлении по оси Z происходит по рельсовым направляющим с помощью двух домкратов CHS-4-TS-C1200 с передаточным числом $i = 30$ компании Chiaravalli с силовыми винтами с трапецидальной резьбой Тг 40х7, установленных на боковых стенках сварочного стола. Передача вращения от электродвигателя АДЧР90Л4–2,2 кВт на домкраты также осу-

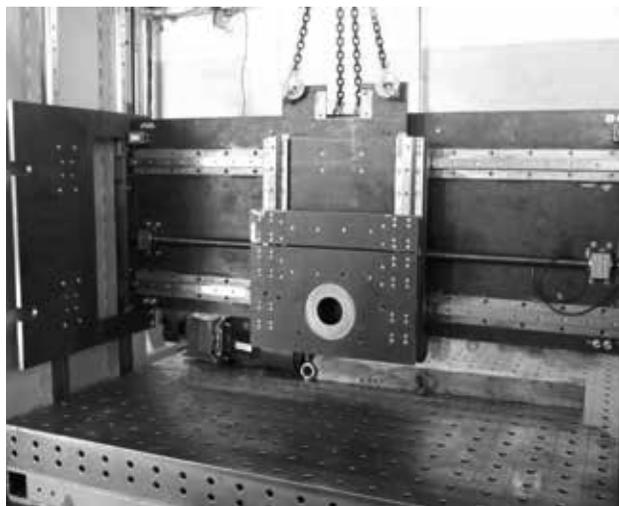


Рис. 2. Конструкция портала установки

ществляется синхронно через промежуточные валы.

Портал предназначен для установки и перемещения в горизонтальном направлении по оси Y суппорта со шпиндельной головкой с рабочим инструментом и электрошпинделя ЕТ120х103–4.5 с пальчиковой фрезой. Несущим элементом суппорта является промежуточная плита, перемещающаяся по рельсовым направляющим портала. В верхней ее части установлен электродвигатель АДЧР90Л4–2,2 кВт с редуктором FRD32/V3 V25 с передаточным числом $i = 25$, вращающий силовой винт с трапецидальной резьбой Тг 40х7 и обеспечивающий перемещение шпиндельной головки в вертикальном направлении по оси Z1. На промежуточной плите смонтированы рельсовые направляющие с каретками, на которых, в свою очередь, смонтированы промежуточная плита и шпиндельная головка с электродвигателем АДЧР160М4-ТДВ-18,5 кВт, редуктором RD52 и собственно шпинделем с рабочим инструментом. Механизм передачи вертикального усилия на инструмент аналогичен описанному ранее [3, 4]. Силовой винт воздействует на промежуточную плиту, передающую прикладываемое усилие на набор инструментальных пружин с коэффициентами жесткости: CF63х203–198 Н/мм и CL63х76–189 Н/мм производства компании Hennlich, и далее на шпиндель. Пружины CF63х203 при сжатии силовым винтом создают вертикальное усилие на инструменте при сварке из расчета 792 Н/мм или 80,8 кгс/мм. Пружины CL63х76 предназначены для компенсации веса шпиндельной головки и обеспечивают плавное изменение вертикального усилия до нуля при ее подъеме. Величина сжатия пружин измеряется аналоговым резистивным датчиком. Данный способ задания усилия обеспечивает необходимую точность и позволяет избежать включения в состав установки гидравлической системы с регулировкой давления, что непосредственно влияет на стоимость изготовления и упрощает эксплуатацию.



Рис. 3. Конструкция суппорта установки

Изменение угла наклона шпинделя в вертикальных плоскостях XZ и YZ выполняется вручную в пределах $\pm 3^\circ$. С целью обеспечения работы электродвигателя в оптимальном режиме и получения максимальной мощности на валу шпинделя предусмотрена возможность установки в условиях эксплуатации однотипных редукторов с передаточными числами 2, 5, 4 и 10, а также непосредственная установка электродвигателя на шпиндель для получения максимальной частоты вращения 2500 об/мин. Общий вид суппорта показан на *рис. 3*.

Перемещение суппорта в горизонтальном направлении производится силовым винтом с трапецидальной резьбой Тг 36х6, приводимым во вращение электродвигателем АДЧР90L4–2,2 кВт с редуктором FRD32/V3 H25 с передаточным числом $i = 25$. Общий вид установки в процессе изготовления показан на *рис. 4*. Соосное расположение электродвигателя, редуктора и шпинделя не позволяет реализовать процесс охлаждения инструмента путем подачи охлаждающей жидкости во внутреннюю полость инструмента. Опыт эксплуатации установки фрикционной сварки ERNEST показал, что путем обдува воздухом инструмента снаружи можно обеспечить необходимый температурный режим. С этой целью в комплект описываемой установки входит вихревая воздуходувка Green Tech 2RB410-M103. Помимо этого, конструкция инструмента, показанная на *рис. 5*, позволяет реализовать также жидкостное охлаждение путем установки на инструмент ру-



Рис. 4. Общий вид установки в процессе изготовления

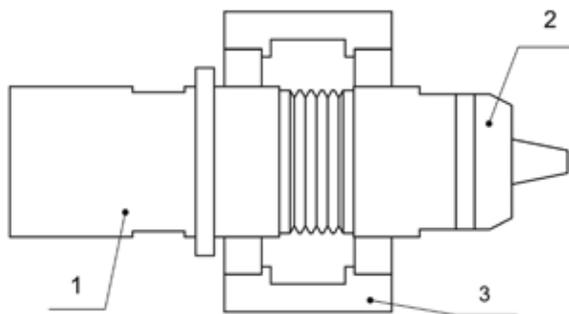


Рис. 5. Условное изображение инструмента с рубашкой охлаждения: 1 – держатель, 2 – сменная рабочая часть, 3 – рубашка охлаждения

башки охлаждения.

Процесс сварки заключается в установке соединяемых элементов на рабочем столе, их закрепления и выполнения операции сварки. Контролируемыми технологическими параметрами, удерживаемыми в заданных пределах в процессе сварки, являются: вертикальное усилие на инструменте, частота вращения инструмента, скорость перемещения инструмента в горизонтальной плоскости. При этом перед каждой операцией сварки при необходимости выполняется предварительная фрезеровка соединяемых кромок, которая производится вертикальной фрезой, установленной в электрошпинделе. Непосредственно операция сварки выполняется следующим образом:

- инструмент подводится до соприкосновения в заданной координате с обрабатываемой поверхностью;
- включаются вращение инструмента с требуемой частотой и подача шпинделя, далее инструмент внедряется в материал с заданной скоростью до достижения заданного усилия;
- при внедрении на всю глубину подача прекращается и осуществляется выдержка при вращающемся инструменте;
- включается привод подачи по оси X либо Y, при этом поддерживается постоянное усилие по оси Z;
- при достижении конечной координаты привод подачи выключается, инструмент отводится в исходное состояние, вращение выключается.

Управление электродвигателями приводов перемещения узлов установки по координатным осям осуществляется частотными преобразователями производства компании Omron, позволяющими плавно регулировать частоту вращения электродвигателей в необходимом диапазоне. Контроль координат X и Y производится датчиками вращения, установленными на силовых винтах. Контроль частоты вращения шпинделя осуществляется датчиком вращения, установленным непосредственно в корпусе электродвигателя. Текущие значения координат индицируются на пульте управления. Задание скоростей переме-

щения и частоты вращения шпинделя производится посредством потенциометров на пульте управления с одновременной их индексацией. На пульте управления также индицируется текущее значение осевого усилия на инструменте. В процессе сварки производится запись переменных процесса сварки на внешний USB-носитель в формате Excel-таблиц для ведения архивов, их последующей обработки и формирования статистики.

Отличительной особенностью данной установки является возможность сварки конструкций с высотой по вертикали до 800 мм, что значительно может расширить область ее применения. Можно также предположить, что примененные конструктивные решения могут способствовать ее применению непосредственно в производственных условиях.

Литература

1. Бакшаев В. А., Васильев П. А., Гордон Л. К., Тодин Ю. А., Васильев С. В. Технология сварки трением с перемешиванием в производстве алюминиевых полуприцепов. // Заготовительные производства в машиностроении. – 2010. – № 12. – С. 13–17.
2. Дриц А. М., Овчинников В. В. Сварка алюминиевых сплавов. – М.: Издательство «Руда и металлы», 2017. – 440 с.
3. Васильев П. А., Евграфов А. В., Осанов В. Н., Иванов А. Н., Белобородов В. А. Станок для сварки трением с перемешиванием «Странник». // Сварщик в России. – 2017. – № 4. – С. 6–10.
4. 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. 17. – № 9. – С. 392–398.

● #1286

Влияние скорости движения воздуха на качество формирования стыковых соединений при сварке в полевых условиях

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

При выполнении сварки одним из факторов, влияющим на качество сварного соединения, считают надежность защиты расплавленного дугой металла шва от воздуха. Для механизированной дуговой сварки, которая может применяться в полевых условиях при ремонте магистральных газопроводов, этот фактор становится критическим, поскольку следует ожидать вредное воздействие порывов ветра на газовую защиту дуги. Поэтому существует необходимость экспериментально определить влияние скорости движения воздуха $v_{\text{воз}}$ на эффективность защиты зоны сварки и соответственно на качество формирования стыковых сварных соединений в зависимости от расхода защитного газа $Q_{\text{г}}$. Были выбраны два критерия качества формирования швов: наличие (отсутствие) пор и содержание в металле шва азота [N] и кислорода [O]. По первому критерию качество формирования швов оценивалась визуально. Для оценки по второму критерию выполнялся газовый анализ образцов металла шва. После анализа полученные данные сравнивались с данными [1, 2], где указано, что для условий дуговой сварки в CO_2 массовая доля азота [N] не должна превышать 0,02%.

Для исследований был создан экспериментальный стенд (рис. 1), который позволял моделировать условия механизированной сварки в CO_2 при различных скоростях движения воздуха $v_{\text{воз}} = 0,3-6,7$ м/мин. Скорость движения воздуха регулировалась вращением лопастей аксиального вентилятора и определялась в заданном секторе сварки с помощью анемометра марки МС-13. Направление движения воздуха было избрано перпендикулярным к направлению выполнения наплавки валиков на пластину.

На первом этапе были проведены наплавки валиков на пластину, внешняя плоскость которой совпадала с осью аксиального вентилятора. Для наплавки использовался сварочный полуавтомат Fronius с горелкой, в которой было установлено сопло с внутренним $\varnothing 17$ мм. Расстояние от торца сопла до поверхности пластины было 14-18 мм. Расход защитного газа контролировали с помощью регулятора расхода газа с ротаметром АР-40/У-30-2ДМ.

Для экспериментальных исследований исполь-

зовались сварочные проволоки сплошного сечения марки Св08Г2С и порошковая – марки Е71Т-1 (LYE501Т-1) $\varnothing 1,2$ мм. Защитный газ - CO_2 . С целью сравнения полученных результатов дополнительно выполняли наплавки штучным электродом FoxEV 50 (Bohler) $\varnothing 3,2$ мм.

Перед выполнением каждого эксперимента заранее определяли скорость движения воздуха $v_{\text{в}}$ и устанавливали заданный уровень расхода защитного газа $Q_{\text{г}}$. После чего проводили наплавки на заданных режимах сварки (табл. 1). Качество формирования валика определяли визуально, по наличию или отсутствию пор на его поверхности, а также внутри. Для последнего случая выполняли послойное механическое шлифование валика. При наличии пор увеличивали величину $Q_{\text{г}}$ при неизменном значении $v_{\text{в}}$.

Получены предельные значения расхода защитного газа $Q_{\text{г}}$, которые позволяют избежать возникновения пор для заданных скоростей движения воздуха $v_{\text{в}}$. Результаты экспериментов в графическом виде приведены на рис. 2.

Они позволяют сформулировать условия предотвращения образования пор в швах следующим образом:

- в полевых условиях при сварке проволокой сплошного сечения Св08Г2С с использованием горелок с соплами $\varnothing 16-18$ мм гарантированно исключается возникновение пор при скорости воздуха до 2 м/с. Для этого необходимо увеличивать расход газа с

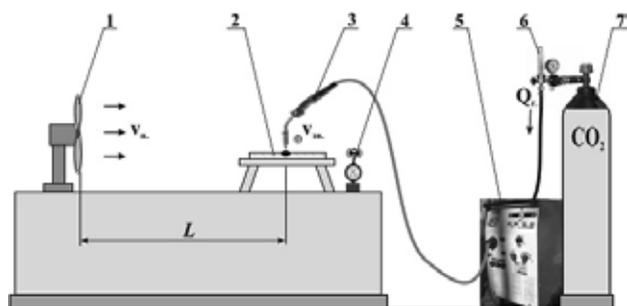


Рис. 1. Стенд для определения влияния скорости воздуха $v_{\text{в}}$ на качество формирования сварного соединения: 1 - осевой вентилятор; 2 - пластина с опытными наплавками; 3 - сварочная горелка; 4 - анемометр; 5 - источник питания; 6 - регулятор расхода газа $Q_{\text{г}}$ с ротаметром; 7 - баллон с газом. L - расстояние между вентилятором и сектором измерения $v_{\text{в}}$ (зоной сварки)

Таблица 1. Условия экспериментов и параметры механизированной дуговой сварки

| $I_{\text{св}}, \text{A}$ | $U, \text{В}$ | $v_{\text{мв}}, \text{м/мин.}$ | $v_{\text{др}}, \text{м/мин.}$ | Сварочный материал | Диапазон скорости движения воздуха, $v_{\text{в}}, \text{м/с}$ | Диапазон расхода защитного газа, $Q_{\text{г}}, \text{л/мин.}$ |
|---------------------------|---------------|--------------------------------|--------------------------------|--|--|--|
| 140-150 | 21-22 | ~0,2 | 4,0 | Св08Г2С, $\varnothing 1,2$ мм | 0,5-6,7 | 10-30 |
| 200-210 | 25-27 | ~0,2 | 9,0 | Е71Т-1 (LYE501Т-1), $\varnothing 1,2$ мм | 0,5-6,7 | 10-30 |
| 110-120 | 24-25 | ~0,1 | - | FoxEV 50, $\varnothing 3,2$ мм | 6,7 | - |

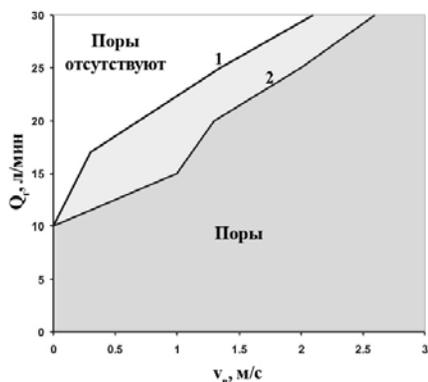


Рис. 2. Влияние скорости воздуха $v_{в.}$ на образование пор при разном расходе защитного газа $Q_{г.}$: 1 – проволока Св08Г2С; 2 – порошковая проволока Е71Т-1 (LYE501Т-1)

10 до 30 л/мин. При скорости воздуха более 2 м/с выполнение сварки приводит к пористости металла шва. Необходимо обязательно применять меры по предотвращению сквозняка от ветра;

- применение порошковой проволоки повышает допустимую скорость воздуха до 2,6 м/с, что связано с дополнительной шлаковой защитой расплавленного металла;
- целесообразно использовать цилиндрические сопла с внутренним \varnothing 12-14 мм или суженные (конические) \varnothing 9-12 мм, что позволяет увеличить скорость утечки (источка) защитного газа и таким образом обеспечить защиту зоны сварки при значениях $v_{в.}$, близких к максимально установленным;
- ручная дуговая сварка показала, что такой процесс сварки менее чувствителен к воздействию скорости ветра и даже при скорости воздуха 6,7 м/с поры в металле шва не возникают, что очевидно связано с другим механизмом защиты расплавленного металла.

Поскольку известно, что в малоуглеродистых и низколегированных сталях азот является вредной примесью [2, 3], на втором этапе работ были проведены исследования по определению влияния скорости воздуха $v_{в.}$ на содержание этого элемента в металле шва. Для этого были изготовлены пластины (рис. 3), в которых были выполнены канавки, имитирующие разделки кромок стыкового соединения в усиливающей конструкции для ремонта трубопровода.

Пластина устанавливалась на экспериментальный стенд (рис. 1) и выполнялись наплавки присадочными проволоками Св08Г2С и Е71Т-1 (LYE501Т-1) на ранее определенных режимах. Скорость ветра была следующей: для Св08Г2С - $v_{в.} = 0$ и 2 м/с; Е71Т-1 (LYE501Т-1) - $v_{в.} = 0$ и 2,5 м/с. После этого из наплавки вырезались образцы Ми99 для проведения газового анализа с помощью газового анализатора LECO

Таблица 2. Содержание азота [N] и кислорода [O] в наплавленном металле, %

| Скорость движения воздуха, $v_{в.}$, м/с | Расход защитного газа, $Q_{г.}$, л/мин. | [N], % | [O], % | Сварочный материал |
|---|--|--------|--------|--------------------|
| 0,0 | 10 | 0,0065 | 0,045 | Св08Г2С |
| 2,0 | 27 | 0,0068 | 0,045 | |
| 0,0 | 10 | 0,0054 | 0,056 | Е71Т-1 (LYE501Т-1) |
| 2,5 | 30 | 0,0058 | 0,062 | |

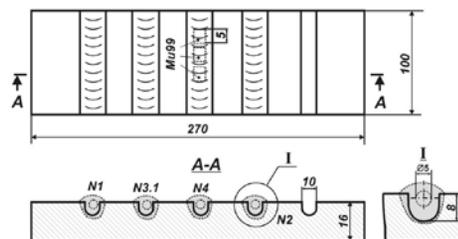


Рис. 3. Схема выполненных наплавки и мест вырезки образцов Ми99 для определения содержания азота [N₂] и кислорода [O₂] ТС 436. Результаты анализа приведены в таблице 2.

Видно, что при расходах защитного газа в количестве, необходимом для максимально допустимых скоростей $v_{в.}$, содержание азота и кислорода в металле шва увеличивается незначительно. По абсолютной величине полученные значения содержания азота в 3-3,5 раза меньше рекомендованного максимального (0,02%) для механизированной сварки в CO_2 . Общее содержание кислорода в шве, выполненном проволокой сплошного сечения, меньше того, который был получен для Св08Г2С ранее (0,0573%) в [4]. Относительно порошковой проволоки следует отметить, что некоторое увеличение содержания кислорода в металле шва связано с его наличием в сердечнике, но в абсолютном измерении его содержание находится на уровне нормативных значений для проволок с рутиловым типом сердечника (0,06-0,085%) [5].

Исходя из приведенного выше можно сделать следующие выводы.

1. С целью получения качественных сварных соединений различных типов определены условия предотвращения образования пор в металле швов вследствие нарушения газовой защиты сварочной ванны под воздействием движения воздуха.
2. В полевых условиях при механизированной дуговой сварке в CO_2 проволокой сплошного сечения Св08Г2С исключается возникновение пор при скорости воздуха до 2 м/с.
3. Применение порошковой проволоки повышает допустимую скорость воздуха до 2,6 м/с в результате наличия шлаковой защиты из компонентов сердечника.

Литература

1. Квирикадзе Т.Г., Новожилов Н.М., Савин В.К. Влияние ветра на газовую защиту при сварке в CO_2 . // Автоматическая сварка. – 1968. - № 7. – С. 21-24.
2. Подгаецкий В.В. Поры, включение и трещины в сварных швах. - К.: Техника, 1970. - 236 с.
3. Походня И.К., Явдошин И.Р., Пальцевич А.П., Швачко В.И., Котельчук А.С. Металлургия дуговой сварки. Взаимодействие металла с газами. – К.: Наукова думка, 2004. – 442 с.
4. Новожилов Н.М. Основы металлургии дуговой сварки в газах. – М.: Машиностроение, 1979. – 231 с.
5. Походня И.К., Суптель А.М., Шлепаков В.Н. Сварка порошковой проволокой. – К.: Наукова думка, 1972. – 223 с.

●#1287

Ремонт лопастей бронзового гребного винта методом приварки наделок

В.Б. Лобода, глав. сварщик ГП МТП «Черноморск» (Черноморск, Одесская обл.)

Аварии морских судов могут приводить к человеческим жертвам, гибели судов и грузов, загрязнению мирового океана. Поэтому, Правила классификации и постройки морских судов ведущих мировых классификационных обществ предъявляют высокие требования к судостроению и судоремонту, где сварка и родственные технологии являются основными технологическими процессами. В частности, к ремонту основных механизмов, узлов, деталей, от надежного функционирования которых зависит живучесть морских судов, представляющих собой высокотехнологичные сварные конструкции. Надзор за техническим состоянием мирового флота осуществляют классификационные общества ведущих стран мира: LR (Ллойд Регистр, Великобритания), BV (Бюро Веритас, Франция), ABS (Американское бюро судоходства, США), GLDNV (Германский Ллойд и Норвежский Веритас, Германия и Норвегия), NKK (Японский морской регистр), PCY (Регистр судоходства Украины), РМРС (Российский морской регистр судоходства).

Несколько лет назад балкер водоизмещением 60 000 т, работающий на регулярной линии между Таиландом и Шри Ланкой, с грузом клинкера, попал в шторм, «налетел» на каменную гряду (отмель) и повредил бронзовый гребной винт. Судно потеряло возможность самостоятельно двигаться и морские буксиры отбуксировали его в Лем Чабанг - порт, находящийся в 110 км южнее столицы Таиланда, г. Бангкок. В порту балкер разгрузили и отбуксировали в находящийся рядом крупный судоремонтный завод. Судно подняли в плавучий док, гребной винт демонтировали и увидели его состояние. Четырехлопастной бронзовый гребной винт диаметром 6 000 мм и весом 12 т, имел следующие повреждения: повреждены были две диаметрально противоположные лопасти. Их пришлось отрезать на длине 1 000 мм, при длине каждой лопасти 1 980 мм (рис. 1).

У судовладельца возникла проблема, приобрести новый гребной винт стоимостью более 500 000 \$ США или отремонтировать сваркой поврежденный гребной винт. Срок изготовления нового гребного винта составлял 90 суток.

Ко мне обратился технический директор компании, осуществлявшей технический менеджмент судов этой судоходной компании, на предмет возможности ремонта сваркой поврежденных лопастей гребного винта. К этому времени я уже 10 лет

работал главным сварщиком на Ильичевском судоремонтном заводе (ИСРЗ). Я запросил чертежи гребного винта, проанализировал опыт ремонта гребных винтов в ИСРЗ, достижения сварочной науки, и решил, что можно приварить отломанные части (новые наделки) лопастей бронзового гребного винта.

Однако, генеральный директор представительства NKK (Японский морской регистр) в Таиланде, который осуществлял классификационный надзор над этим судном, сомневался в этом. В связи с тем, что согласно Правилам классификации и постройки морских судов, приварка отломанных частей лопастей бронзовых гребных винтов допускается в тех случаях, когда длина отломанной части лопасти не превышает 0,5 R (половины радиуса гребного винта). А в нашем случае длина отломанной части лопасти составляла 0,6 R (радиуса винта).

Результаты разработки технологии приварки наделок гребного винта я показал директору NKK и убедил его, что разработанные технологии сварки и термообработки обеспечат прочность сварных швов приваренных бронзовых частей (наделок) выше прочности основного металла гребного винта.

Я подобрал двух высококвалифицированных сварщиков. Мы получили задание выехать группой из трех специалистов сварщиков в Таиланд, разработать технологию сварки и выполнить ремонт бронзового гребного винта.



Рис. 1. Гребной винт без отрезанных (поврежденных) частей лопастей



Рис. 2. Обжиг и зачистка зоны сварки и околошовной зоны (ЗТВ) от загрязнений, перед сваркой

Результаты химического анализа показали, что бронзовый гребной винт изготовлен из марганцовистой бронзы марки КНВсС1 (материал КНВсС1 - (Mn+Bronze)). Химический состав бронзы: Cu - 58,08 %, Zn - 37,31 %, Mn - 1,51 %, Fe - 1,37 %, Al - 1,02 %, Sn - 0,58 %, Ni - 0,21 %, Pb - 0,02 %.

Временное сопротивление разрыву (предел прочности на разрыв), $G_v = 538 \text{ н/мм}^2$.

В течение 8 суток из Японии на судоремонтный завод были доставлены бронзовые наделки (отливки) гребного винта. Масса каждой наделки составляла 500 кг (рис. 2).

Была выполнена подготовка кромок под сварку механическим способом. Производилась двухсто-

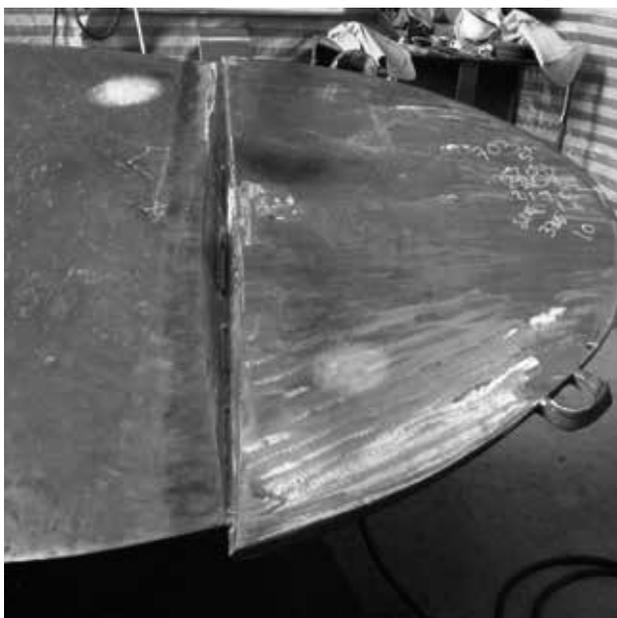


Рис. 3. Разделка (подготовка) кромок под сварку

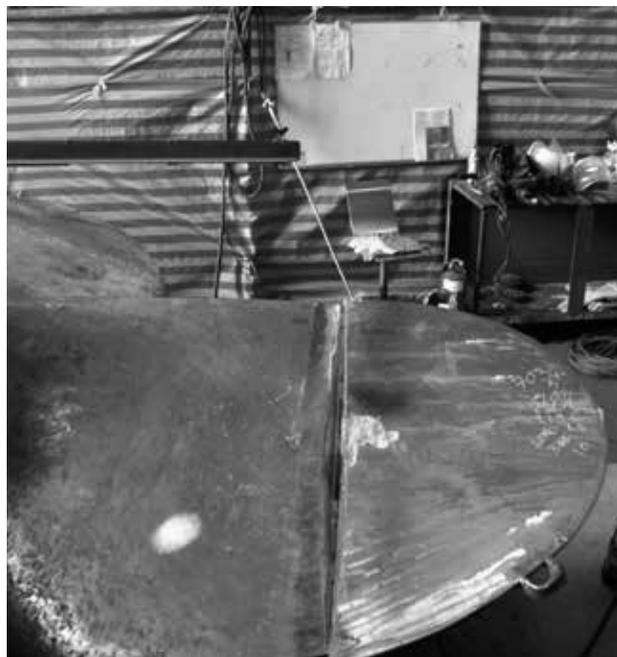


Рис. 4. Механизированная (полуавтоматическая) сварка бронзы

ронная X-образная разделка свариваемых кромок. Толщина бронзы в разделке составляла от 80 до 100 мм (рис. 3).

Приварку бронзовых наделок выполняли механизированной сваркой полуавтоматом марки Panasonic, бронзовой проволокой диаметром 1,2 мм, марки AMPCO-TRODE 10, в среде защитного газа аргона (рис. 4).

Сварочная проволока была близкой по химическому составу к основному материалу бронзового винта и обеспечивала временное сопротивление разрыву, $G_v = 545 \text{ н/мм}^2$.

Сборку под сварку выполняли при помощи стальных сборочных гребенок на прихватках (рис. 5).

Перед сваркой выполняли предварительный подогрев зоны сварки до температуры $T = 150 - 160 \text{ }^\circ\text{C}$. Скорость нагрева была не более $200 \text{ }^\circ\text{C}$ в час. Длина сварных швов на каждой лопасти (ширина лопасти) составляла 1 400 мм.

Сварку выполняли обратно-ступенчатым методом, от середины лопасти к краям; длина ступени - 150 мм. После заварки каждой ступени выполняли проковку сварных швов легкими ударами закругленного бойка молотка весом 500 г. Сварку выполняли на максимально возможной скорости сварки без поперечных колебаний электрода. Площадь сечения сварочного шва (валика) не превышала $40 - 50 \text{ мм}^2$. Форма валика должна быть ровной или вогнутой с плавным переходом к соседним валикам и к стенкам разделки. Выпуклые валики, особенно при сварке в «жестком контуре», более склонны к растрескиванию. С целью снижения остаточных напряжений и деформаций, в первую очередь выполняли наплавку валиков на кромки

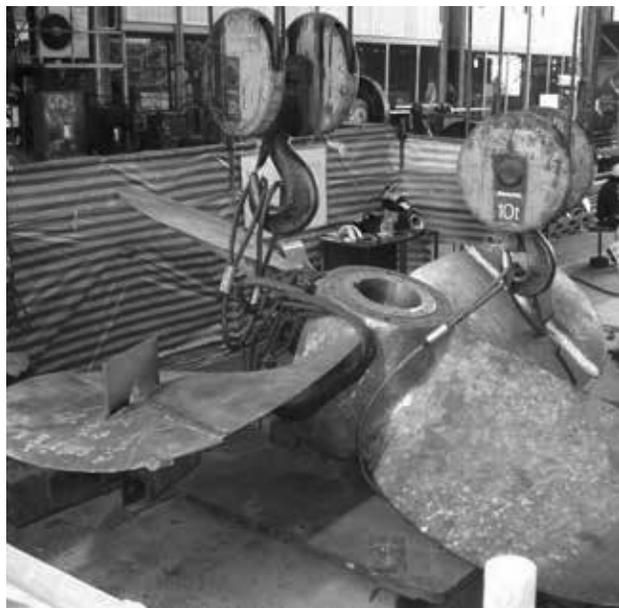


Рис. 5. Сборка под сварку лопастей гребного винта при помощи стальных сборочных гребенок

разделки, а затем завершающими проходами соединили наплавленный на кромки металл.

Режимы сварки:

| | |
|-----------------------------|--------------------------|
| Сварочный ток, А..... | 260 – 280 |
| Напряжение на дуге, В..... | 27 – 28 |
| Скорость сварки, м/час..... | 20 – 25 (40 – 50 см/мин) |
| Расход аргона, л/мин..... | 14 -18 |
| Вылет электрода, мм..... | 14 – 16. |

После заварки разделки с одной стороны, гребной винт перекантовали на 180 градусов, выполнили зачистку корня шва механическим способом, т. к. 80 – 90 % дефектов находится в корне шва. После этого выполнили заварку разделки с обратной стороны. Расход бронзовой сварочной проволоки на приварку двух наделок составил 90 кг.

После окончания сварочных работ выполнили термообработку и отжиг для снятия напряжений. С помощью электронагрева подогрели участки лопастей на ширину 500 мм по обе стороны сварных швов до температуры $T = 400 - 500 \text{ }^\circ\text{C}$. Нагрев проводился медленный и равномерный, со скоростью не более $200 \text{ }^\circ\text{C}$ в час. Выдержка при температуре $T = 400 - 500 \text{ }^\circ\text{C}$ составляла 2 часа. Затем обе стороны нагретой зоны винта укрывали теплоизоляционными материалами для обеспечения медленного охлаждения со скоростью не более $50 \text{ }^\circ\text{C}$ в час. После окончания сварочных работ выполнили 100 % контроль сварных швов рентгенографическим методом.

После этого была выполнена механическая обработка приваренных наделок, шлифовка лопастей гребного винта и балансировка винта.

Продолжительность ремонтных работ бронзового гребного винта составила 25 суток (200 ч). Стоимость ремонта гребного винта обошлась судовладельцу в 100 000 \$ США, из них стоимость свароч-

ных работ (ремонтной сварки) – 65 000 \$ США.

В заключение отмечу, что ремонт и восстановление деталей, узлов, механизмов, машин, аппаратов, оборудования, методами сварки, наплавки и родственных технологий, является экономически целесообразным и высокоэффективным, т. к. стоимость ремонта составляет от 15 до 30 % от стоимости новых деталей.

Для оценки малой затратности технологии целесообразно использовать следующие критерии:

- период окупаемости;
- вероятность возврата вложенных средств;
- уровень рентабельности;
- наличие промышленной инфраструктуры и специалистов;
- маркетинговую информацию;
- уровень ликвидности;
- степень риска.

Современные технологии восстановления и ремонта позволяют не только сохранить номинальные параметры изделий, но и значительно их улучшить. При этом себестоимость восстановленных изделий составляет до 30% от стоимости новых. Реновация изделий и устройств – это самое чистое и энергосберегающее производство, которому на сегодня нет и экологической альтернативы. В десятки раз меньше расходуется сырьевых и энергетических ресурсов и в таком же соотношении снижается количество загрязнений. Сырьевая ориентация экономики в будущем представляется совершенно бесперспективной.

●#1288

Газопламенная правка металлоконструкций. Основные положения*

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

Газопламенная правка [1 - 3] заготовок сварных конструкций и самих сварных конструкций основана на создании с помощью местного нагрева газокислородным пламенем дополнительных пластических деформаций укорочения в зонах, имеющих излишнее удлинение [4]. Механизм образования деформаций при правке аналогичен сварочному механизму, т.е. создаются деформации сжатия [5].

Каждое изделие перед правкой должно подвергаться анализу, с тем, чтобы правильно определить причины деформации. Местные деформации характеризуют искажение формы отдельных элементов, они не только ухудшают внешний вид конструкции, но и снижают ее работоспособность. При обнаружении дефектов формоизменения необходимость их исправления газопламенной правкой должна быть указана в технических условиях на конкретные изделия. Там же указывается вид отклонений от формы (их размеры и пр.), не подлежащих исправлению термической правкой.

Так как абсолютная величина деформации зависит как от температуры нагрева, так и от зоны нагрева, она должна подбираться примерно, как в [6]:

- расчетами;
- предварительными экспериментами;
- накопленным опытом для осуществления различных случаев газопламенной правки.

Учитывая многообразие устраняемых деформаций можно дать общие рекомендации. Более подробные рекомендации правки деформаций в стальных конструкциях, методики их расчета приведены в монографиях В.А. Винокурова (МВТУ им. Н.Э. Баумана), материалах ОАО «Научно-исследовательский институт транспортного строительства» (ЦНИИС) и других компетентных организаций (например, воспользоваться «Технологической инструкцией Уралмашзавода по газопламенной правке металлоконструкций и деталей. № 272 – 70. Свердловск. - 1970. - 41 с.»).

Поверхность металла в зоне нагрева должна быть очищена от ржавчины, грунтовок и других загрязнений, влияющих на цвета каления и побежалости, и на образование газов, вредных для здоровья газо-правщиков.

При газопламенной правке в зависимости от формы и расположения места деформированного элемента различают следующие виды нагрева:

- точечный (с выпуклой стороны неровности),

как правило, таким нагревом исправляются неровности тонких листов, при этом виде нагрев осуществляют симметрично расположенными отдельными точками (в зависимости от формы неровностей нагрев может быть сферическим, овальным, цилиндрическим), допускается нагрев по концентричным окружностям;

- узкой или широкой полосой, осуществляемый зигзагообразными движениями нагревательного устройства (правка волнистости, загибов, перегибов), применяется при правке толстых изделий. Величина радиуса зигзага r , в зависимости от толщины исправляемого элемента, изменяется от 1 до 25 мм, ширина полосы нагрева b принимается от 0.1 до 0.25 толщины исправляемого элемента. Примеры газопламенной правки волнистости листов приведены на рис. 1.
- клиновидный (или нагрев секторами), как правило, этот вид нагрева применяется для правки профильного проката: угольники, швеллеры, тавры и т.д. Высота клина h принимается равной $2/3$ высоты выправляемого элемента, его ширина (основание) – не более 100 мм, клин необходимо нагревать в направлении от вершины к основанию, а не наоборот, угол раскрытия клина $\sim 30^\circ$.

При наличии сложных видов деформаций допускается применение комбинированных видов нагрева (кольцевой нагрев в сочетании с полосами, расположенными крестообразно под углом 90° ; сочетание полосового и клинообразного нагревов и др.).

При использовании газов – заменителей ацетиленов следует воспользоваться зависимостями, которые имеются в каждом учебнике по газопламенным процессам [7].

Чистота кислорода 92,0-98,0 %.

При правке толстолистовой стали распределение температуры зависит от толщины – чем больше толщина, тем больше неравномерное распределение температуры. Нагретая зона имеет вид треугольника, обращенного основанием к поверхности нагрева. Максимальная температура находится на поверхности нагрева по оси движения нагревательного устройства.

К тонколистовой стали относится сталь толщиной до 5-10 мм [7]. В этом случае считается, что на-

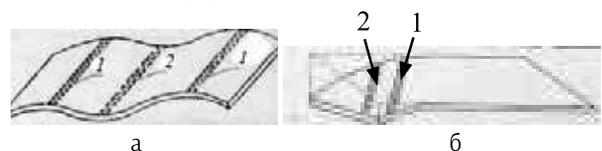


Рис. 1. Порядок устранения дефектов толстолистового проката: а – «волнистости» листа; б – загиба угла листа. Цифры 1, 2 – означают порядок выполнения нагревательных полос

* Часть 4, части 1, 2, 3 – Сварщик в России № 3, 4, 5

грев распределяется равномерно по толщине. Наиболее часто встречаются такие дефекты, как выпуклость, вогнутость, саблевидность и др. Стрелка прогиба (стрелка отклонения дефекта от нормы) обычно обозначается буквой f (в некоторой литературе выпуклость обозначается буквой W).

Возможны искажения формы и поставляемого профильного проката. Виды нагревов в этом случае приведены на *рис. 2*.

Подобные виды нагревов применяются и при других видах профильного проката (двутавры и пр.).

Считается, что правку труб наиболее целесообразно следует проводить, используя гидравлический пресс. При отсутствии такого оборудования детали типа «труба» или «вал» устанавливают в центрах станка или на ролики. Стрелку прогиба в нескольких сечениях определяют, как правило, при помощи индикатора. В случае прогиба вытянутой формы направление нагрева в месте расположения наибольшего значения стрелки прогиба выпуклой стороны производят вдоль направляющей оси (допускаются 2 горелки, расположенные симметрично относительно центральной оси) либо поперек ее.

При правке материала трубы или вала, не склонного к закалке, для большей концентрации тепла в месте нагрева, допускается применение асбеста, смоченного в воде и имеющего вырез по форме нагрева.

Изготовление сварных конструкций связано с неравномерным распределением температуры, а шов после охлаждения всегда сокращается в размерах. Эти факторы неизбежно приводят к деформациям, короблениям, особенно при сварке тонкостенного металла. В большинстве случаев наблюдаются деформации на плоскости (выход из плоскости свариваемых изделий обусловлены угловыми деформациями, «домиками» и др.). При сварке тонкостенных конструкций часто встречаемым видом короблений являются выпучины (хлопуны) (*рис. 3*).

Значительные перемещения наблюдаются в радиальном направлении при сварке цилиндрических изделий. Появляется «домик» с выпуклостью наружу или вовнутрь. При сварке цилиндрических изделий возможные искривления показаны на *рис. 4*. При сварке длинных швов трубных заготовок происходит их «провисание».

Искажения формы сварных соединений другого типа (симметричная и несимметричная грибовидность полок и др.) показаны на *рис. 5*.

В сварной балке полки изгибаются верхними краями вниз, а нижняя - краями вверх. Вертикаль-

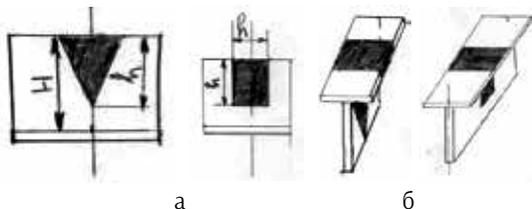


Рис. 2. Разновидности нагревов уголков (а) и тавровых сечений (б)

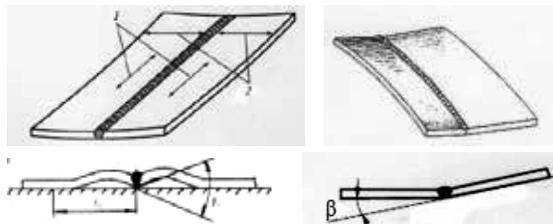


Рис. 3. Возможные отклонения от формы стыковых плоских сварных соединений

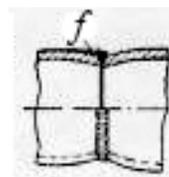


Рис. 4. Возможные искажения формы сварных цилиндрических изделий: «домик» с выпуклостью вниз, f – стрелка прогиба

ная стенка изгибается в вертикальной плоскости, образуя серповидность. При помощи нагрева правят вначале верхнюю полку, затем – нижнюю, в последнюю очередь – серповидность. Могут возникать и другие дефекты формы сварных соединений (в частности, ромбовидность элементов решетчатых и коробчатых главных балок) [8].

Процесс нагрева должен быть быстрым, между нагретыми и холодными участками должна быть резкая граница, в противном случае тепловое расширение распространяется на большую площадь и предотвращает, таким образом, необходимую местную осадку. Температуру нагрева металла изделия можно определять по цветам калинга и побежалости.

Запрещено охлаждать нагретый металл обдувом сжатого воздуха или поливать водой.

Не допускаются подгибка или другие методы воздействия на металл при температуре в интервале 250-450 °С из-за опасности проявления эффекта синеломкости (резкого падения пластичности, в частности, ударной вязкости под влиянием термодеформационного старения).

При перемещении зоны нагрева линейные сокращения поперек и вдоль такой зоны неодинаковы. Это зависит от соотношения длины изделия (L) к его ширине (B). Поэтому для правки длинных элементов целесообразнее использовать поперечные деформации,

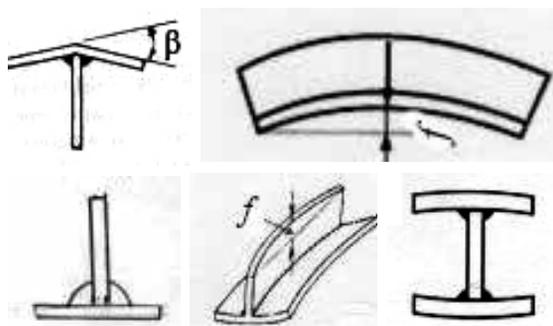


Рис. 5. Некоторые виды деформации изгиба при сварке длинномерных изделий; f – стрелка прогиба

а для изделий типа валов – продольные.

Наилучшие результаты получаются при правке изделий из низкоуглеродистых сталей.

Наряду с тепловыми напряжениями могут возникать напряжения, обусловленные превращениями и изменениями структуры в зонах основного металла, нагреваемых выше критических температур. Такие структурные превращения сопровождаются образованием структурных напряжений с образованием мартенсита, что может привести к образованию холодных трещин. После газопламенной правки возможно изменение напряженно-деформированного состояния, упрочнение металла за счет пластической деформации.

Не рекомендуется производить правку путем нанесения валиков дуговой сваркой.

Для повышения эффективности правки допускается перед термической правкой остаточных деформаций применение упругой деформации с помощью домкратов, грузов, различного вида креплений. Предварительная упругая деформация способствует увеличению температурного интервала пластических деформаций сжатия.

Устранение дефектов газокислородной правкой проводят до окончательной термической обработки. Последующий отпуск сварных соединений не устраняет возникшие нарушения.

Сложности с газопламенной правкой возникают при правке изделий из высокопрочных сталей, в зоне термического влияния которых есть остаточный аустенит.

При содержании углерода в легированной стали более 0,27 %, когда возможно мартенситное превращение, газопламенная правка допускается в особых случаях. Температуру начала мартенситного превращения T_n (в английской транскрипции M_n) для углеродистых сталей можно определить по формулам [9]:

$$T_n = 550 - 360 \text{ }^\circ\text{C}, \quad (1)$$

а для легирующих сталей:

$$T_n = 550 - \{360C + 40(Mn + Cr) + 20Ni + 28Mo\}, \quad (2)$$

в которых содержание углерода и легирующих элементов дано в %.

Для уменьшения скорости охлаждения нагретого участка его рекомендуется укрывать сухим асбестом или любым другим теплоизоляционным материалом (стекловатой и др.).

Газопламенная правка заготовок и конструкций из горячекатаных сталей производится при температуре окружающего воздуха не ниже минус 20 °С, а из термически обработанных сталей - только при его положительных температурах.

Изгибающий момент M ; величину стрелки прогиба f ; усилие, которое необходимо приложить для выравнивания полосы, P ; момент инерции сечения, J , и другие необходимые величины можно подобрать из литературы, приведенной ниже.

Самым существенным недостатком газопламенной правки следует считать трудность механизации процесса.

Допускается правленные конструкции после нагрева и полного их охлаждения осаживать молотами на плоско-

сти и использовать другие методы механические влияния на напряженно-деформированное состояние (проковку, низкочастотную вибрационную обработку и др.).

Зная механизмы возникновения перемещений, деформаций, напряжений, вызывающих формоизменение заготовок и металлических конструкций, можно обоснованно использовать приемы устранения или уменьшения формоизменения заготовок и сварных конструкций с учетом эксплуатационной нагрузки.

К работам по газопламенной правке допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинское освидетельствование и специальное техническое обучение, выполнившие практические работы, сдавшие экзамены специальной аттестационной комиссии и получившие удостоверение. Лица, привлекаемые к этим работам, должны использовать средства индивидуальной защиты кожи, слуха, глаз, головы и др. [10, 11], рабочее место требуется оградить шторами [12], проверить устойчивость обрабатываемых деталей конструкции.

Литература

1. Словарь – справочник по сварке. /под ред. акад. АН УССР К.К. Хренова. - К.: Наукова думка, 1974. - 195 с.
2. Гребенчук И.В. Трехмерный расчет напряжений и деформаций при термической правке грибовидности остовых балок. /Научные труды ОАО «ЦНИИС». - М.: ОАО «ЦНИИС», 2005. - в. 228. - С. 105-111.
3. Андреев С.Б. Основы сварки судовых конструкций. /С.Б. Андреев и др. - СПб.: Судостроение, 2006. - 551 с.
4. Винокуров В.А., Григорьянц А.Г. Теория сварочных деформаций и напряжений. - М.: Машиностроение, 1984. - 280 с.
5. Сагалевиц В.М. Методы устранения сварочных деформаций и напряжений. - М.: Машиностроение, 1974. - 248 с.
6. Михайлов В.С. Правка судовых сварных корпусных конструкций. - Л.: Судостроение, 1972. - 152 с.
7. Полевой Г.В., Сухинин Г.К. Газопламенная обработка металлов: учебн. - М.: ИЦ «Академия», 2005. - 333 с.
8. Душницкий В.М., Пассек В.В. Рекомендации по правке стальных мостовых конструкций. - М.: Машиностроение, 1988. - 107 с.
9. Сефериан Д. Металлургия сварки. / пер. с французского И.Н. Ворновицкого, В.Д. Тарлинского/. - М.: Машгиз, 1963. - 347 с.
10. Межотраслевые правила при охране труда при производстве ацетилен, кислорода, процессе напыления и газопламенной обработке металлов. ПОТ Р. - М - 019. - 2001. - 48 с.
11. Межотраслевые правила по охране труда при электро- и газосварочных работах в вопросах и ответах. Пособие для изучения и подготовки к проверке знаний. - М.: Издательство НЦ ЭНАС, 2005. - 67 с.
12. <http://sposoby-gasoplammennoj-obrabotki.ru>

Резак РЗШ для газокислородной резки прибылей литья и лома толщиной до 300 мм

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

Литье, подлежащее кислородной резке прибылей, как правило, по линии предполагаемого реза имеет остатки формовочной смеси, пропитанные жидким металлом, застывшим вместе с ними (пригар). Пригар не горит в струе кислорода и трудно удаляется с поверхности литья. Наибольшее распространение получили два способа удаления пригара: механический - отбойными молотками или абразивными кругами и термический - при сжигании трубки кислородного копья. Ни один из этих способов не гарантирует полное и качественное удаление пригара, поэтому при кислородной резке прибылей литья резак находится в тяжелых условиях. Головка и мундштуки перегреваются, на них воздействуют выбросы жидкого металла и шлака, часто возникают хлопки и обратные удары пламени.

Крупные куски металлического лома состоят из отходов литья, слитков и поковок. Поверхность поковок, как правило, загрязнена закованной окалиной, которая также не горит в кислородной струе и препятствует процессу кислородной резки. Последствия такие же, как и при резке по пригару.

У стандартных резаков Р1 - Р3, выпускаемых серийно без учета условий их работы, для достижения стабильности горения факел плотно привязан к торцу мундштука и при внешних воздействиях, описанных выше, легко проскакивает внутрь резака. Возникают хлопки или обратные удары пламени.

Стандартные резаки, попадая в обрубной или копровый цех любого предприятия, сразу подвергаются переделке в кустарных условиях. Удлиняются трубки наконечника, изменяется угол наклона головки по отношению к продольной оси резака, рассверливаются отверстия инжектора, смесительной камеры и выходных каналов. Все эти операции снижают безопасность работы резака.

Резак газокислородный инжекторный РЗШ предназначен для ручной разделительной резки заготовок, кусковых отходов и прибылей литья из углеродистых и низколегированных сталей толщиной до 300 мм.

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

Технические характеристики резака РЗШ приведены в *табл. 1*.

В конструкции резака РЗШ использован патент на изобретение [1], предусматривающий в полости между наружным и внутренним мундштуками, следующей друг за другом через радиальную щель, шлицевой разгонный и кольцевой выходной участки. Это техническое решение придает резаку следующие преимущества: основной факел пламени горит на расстоянии от торца мундштука, имеет высокую скорость и концентрацию газовых потоков, что снижает тормозящее действие на режущую кислородную струю и повышает температуру внутри факела. В результате резак мало восприимчив к влиянию внешних факторов и работает устойчиво в тяжелых условиях резки по пригару или окалине. Высокие концентрация и температура факела позволяют легче и быстрее оплавливать пригар и окалину, что повышает производительность и безопасность работы. Уменьшение тормозящего действия факела на режущую струю кислорода увеличивает производительность процесса резки.

Уплотнение между головкой и внутренним мундштуком происходит по торцевой поверхности внутреннего мундштука, что упрощает его конструкцию и центрирование относительно наружного мундштука. Герметичность соединения при этом повышается.

Все детали резака, подвергающиеся термическому воздействию при работе, такие как: мундштуки, головка, смесительная камера, инжектор, усилены (имеют большую массу, чем у стандартного резака Р1) и это повышает надежность резака при работе в тяжелых условиях резки прибылей литья и металлолома.

Таблица 1. Технические характеристики резака РЗШ

| Толщина металла, мм | | 30-100 | 100-200 | 200-300 |
|-----------------------------|-------------------|-------------|---------|---------|
| Мундштук внутренний, № | | 4 | 5 | 6 |
| Давление, МПа | кислорода | 1,0 | | |
| | горючего газа | 0,1 | | |
| Расход, м ³ /час | кислорода | 13,8 | 22,0 | 33,2 |
| | природного газа | 1,3 | 1,6 | 1,92 |
| | пропан-бутана | 0,76 | 0,95 | 1,13 |
| Резьба на штуцерах | для кислорода | M16 x 1,5 | | |
| | для горючего газа | M16 x 1,5LN | | |

Базовый резак РЗШ имеет длину 580 мм и угол наклона головки относительно продольной оси резака 90°. Однако, изготовитель может изменить длину резака и наклон головки так, как пожелает заказчик.

При кислородной резке прибылей литья или поковок на габаритные куски необходимо заранее подготовить поверхность заготовки по линии предполагаемого реза. Удаляют остатки формовочной смеси, отделяемую окалину и другую грязь, затем с помощью присадочного прутка или вязальной проволоки диаметром 6-7 мм резак РЗШ удаляют обнаруженные на линии реза пригар или закованную окалину.

Процесс резки начинают с кромки заготовки, нагревая ее факелом резака. Если заготовка имеет круглое или овальное сечение, то процесс врезания можно инициировать металлическим прутком или проволокой.

При работе необходимо постоянно следить за тем, чтобы расстояние между резаком и заготовкой было не меньше, чем 20 мм.

Допускается с помощью поперечных колебаний резака (елочкой) увеличивать ширину полости реза и вводить в эту полость головку резака, но только в зону, где шлак уже застыл. Если заготовка уже перерезана больше, чем на три четверти от толщины, вводить головку резака в полость реза запрещено, т. к. при деформации заготовки головка может быть защемлена.

Общий вид газокислородного резака РЗШ представлен на *рис. 1*. Он состоит из трех основных узлов: наконечник 1, ствол 2 и ниппельное соединение 3. Наконечник (*рис. 2*) имеет оригинальную конструкцию, чертежи его узлов и деталей приведены на *рис. 3 - 8*. Ствол 2 заимствован у резака Р1Ш-Сп. Ниппельное соединение 3 также заимствовано у резака Р1Ш-Сп, а именно вариант с накидными гайками М16х1,5 и ниппелями Ду 9.

Наконечник является основным узлом резака, определяющий его назначение. Он состоит из головки в сборе 1, к задней части которой припаяны трубки для подвода - режущего кислорода 6 и горючей смеси 7. Свободный конец трубки 6 развальцован под фланец, удерживающий накид-

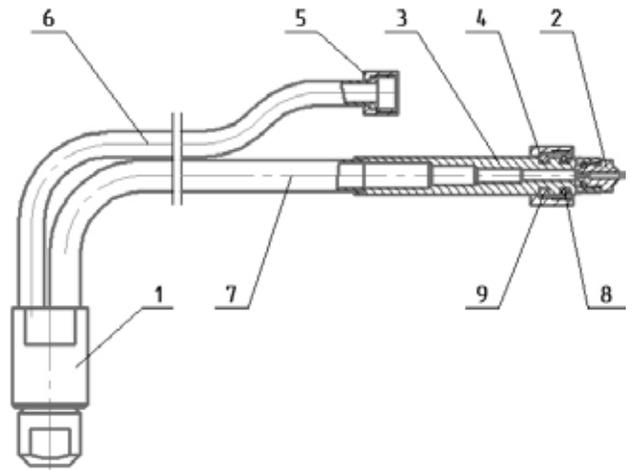


Рис. 2. Наконечник резака РЗШ

ную гайку 5 (М12х1,25). Эта гайка предназначена для крепления наконечника к стволу. К противоположной стороне трубки 7 припаяна смесительная камера 3, в которую соосно ввернут инжектор 2. В смесительной камере снаружи выполнены две кольцевые проточки, в одной из которых расположено уплотнительное кольцо 8, а в другой кольцо упорное 9, удерживающее накидную гайку 4 (М16х1,5). Эта гайка также предназначена для крепления наконечника к стволу.

Головка в сборе (*рис. 3*) состоит из головки 1, в которую коаксиально ввернуты мундштуки внутренний 2 и наружный 3. Эти мундштуки образуют полость с тремя разгонными участками. По направлению потока горючей смеси поперечное сечение первого разгонного участка имеет форму кольца, второго – форму шлицевого вала, третьего выходного разгонного участка – форму кольца.

Если считать по направлению потока горючей смеси - площадь поперечного сечения первого разгонного участка больше площади второго, а площадь второго участка больше площади поперечного сечения третьего разгонного выходного участка.

Фотография резака РЗШ в статическом состоянии представлена на *рис. 9*.

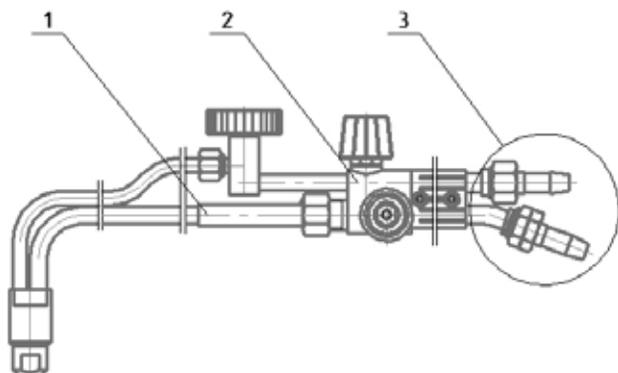


Рис. 1. Газокислородный резак РЗШ

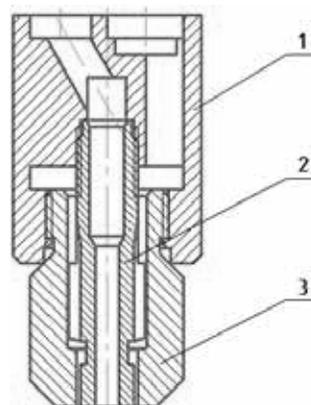


Рис. 3. Головка резака РЗШ в сборе

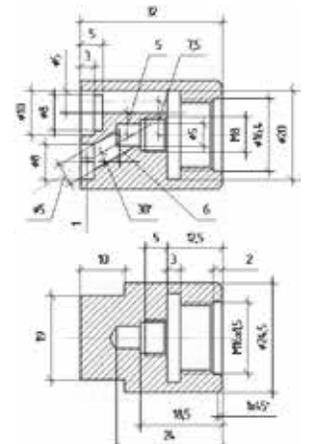


Рис. 4. Корпус резака РЗШ



Рис. 14. НКМЗ. Процесс резки плиты толщиной 200 мм



Рис. 15. НКМЗ. Разрезанная заготовка толщиной 200 мм



Рис. 16. Домнаремонт, г.Краматорск. Кислородно-флюсовая резка чугуной плиты толщиной 240 мм. Процесс врезания в заготовку



Рис. 17. Домнаремонт, г.Краматорск. Кислородно-флюсовая резка чугуной плиты толщиной 240 мм. Процесс резки заготовки

Особенности кислородно-флюсовой резки с помощью резака РЗШ на Краматорском «Домнаремонте» чугуной плиты толщиной 240 мм хорошо видны на *рис. 16* (врезание) и *рис. 17* (процесс резки).

Литература.

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

●#1290

Современные устройства комплексной защиты для низковольтного электрооборудования

О.Г. Левченко, д.т.н., С.Ф. Каштанов, к.т.н., НТУУ «КПИ им. Игоря Сикорского»,
А.П. Олейник, ДП «Итон Электрик» (Киев)

Одним из наиболее перспективных направлений дальнейшего совершенствования средств защиты низковольтного электрооборудования является разработка многофункциональных защитных устройств комплексного действия, которые могли бы гарантированно обеспечить минимально возможные риски в сферах электробезопасности и противопожарной защиты электрооборудования. Основной особенностью таких универсальных многофункциональных защитных устройств является то, что они могут выполнять одновременно сразу несколько функций безопасности, обеспечивая тем самым максимально возможную защиту людей и электрооборудования при возникновении токов короткого замыкания, токов замыкания на землю, возможных перегрузок, а также дуговых пробоев как последовательного, так и параллельного типов. Лидером в этой области продолжает оставаться электротехническая группа «EATON», специалисты которой разработали целый ряд подобных устройств с использованием новых оригинальных инновационных решений и технологий. Одна из последних разработок - это устройство защиты типа AFDD+ для низковольтного электрооборудования.

Низковольтное электрооборудование представляет собой совокупность электротехнических устройств и изделий, предназначенных для производства, распределения, преобразования, передачи или потребления электрической энергии. В процессе его эксплуатации возможно возникновение целого ряда нежелательных и опасных явлений, например, токовой перегрузки (рис. 1, а), тока короткого замыкания (рис. 1, б), тока замыкания (утечки) на землю (рис. 1, в).

В процессе эксплуатации низковольтного электрооборудования также возможно возникновение и другого нежелательного и очень опасного явления, а именно дугового пробоя (замыкания), как последовательного (рис. 2, а), так и параллельного типов (рис. 2, б).

Дуговой пробой последовательного типа может возникнуть в случае повреждения (разрыва) как фазного (L), так и нейтрального (N) проводника.

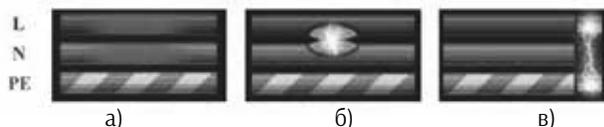


Рис. 1. Примеры: токовой перегрузки (а), тока короткого замыкания (б), тока замыкания (утечки) на землю (в)

Необходимо отметить, что в этом случае ток дугового пробоя, в большинстве случаев равен или же чуть ниже значения номинального тока нагрузки, а это в значительной степени усложняет возможность его идентификации и обнаружения. Как будет показано ниже, данный тип дугового замыкания может быть обнаружен только лишь с помощью новой инновационной технологии AFDD (Arc Fault Detection Device), разработанной специально для обнаружения подобных дуговых пробоев.

Что касается дугового пробоя параллельного типа, то он может возникнуть, как правило, в результате пробоя изоляции между фазным (L) и нейтральным (N) проводниками или же между фазным проводником (L) и проводником защитного заземления (PE). При этом, конечно же, общий ток в электросети увеличится, поскольку будет определяться уже не только существующим суммарным эквивалентным импедансом нагрузки, но и, в т. ч., эквивалентным импедансом поврежденной в результате действия электрической дуги изоляции.

Наиболее распространенными причинами возникновения дуговых пробоев при эксплуатации низковольтного электрооборудования являются механические повреждения элементов электрооборудования. Как правило, именно они приводят к нарушению рабочей изоляции или же к нарушению целостности (разрыву) токоведущих проводников (фазного (L) либо нулевого (N)).

Например, даже незначительное механическое повреждение рабочей изоляции электрокабеля может привести к появлению дугового пробоя, который, в свою очередь, приведет к еще большему повреждению рабочей изоляции, но уже под действием самой электрической дуги.

Безусловно, что в сферах электробезопасности и противопожарной защиты низковольтного электрооборудования необходимо исключить или же максимально минимизировать существующие риски, связанные с возможностью возникновения упомянутых выше нежелательных и опасных явле-

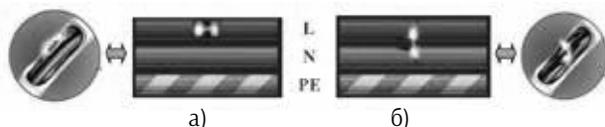


Рис. 2. Примеры дугового пробоя (замыкания) последовательного (а) и параллельного типов (б)

ний при его эксплуатации, а этого можно достичь только лишь за счет использования соответствующих средств защиты.

Процесс эволюционного развития устройств защиты в сферах электробезопасности и противопожарной защиты низковольтного электрооборудования условно можно разделить на следующие этапы.

1-й этап: разработка и применение устройств защиты от сверхтоков MCB (Modular Circuit Breaker). Такие модульные автоматические выключатели тока (МАВ) обеспечивают защиту от коротких замыканий и токовых перегрузок.

2-й этап: разработка и использование устройств защиты от асимметричных и несбалансированных токов замыкания (токов утечки, дуговых электрических замыканий параллельного типа) RCD (Function Testing The Residual Current Device). Такие автоматические выключатели дифференциального тока (ВДТ) или как их еще называют устройства защитного отключения (УЗО) позволяют обеспечить более высокие уровни защиты персонала от поражения электрическим током и противопожарной защиты.

3-й этап: разработка и применение устройств комплексной защиты RCBOs (Residual Current Operated Circuit-Breaker With Integral Overcurrent Protection). Это автоматические выключатели дифференциального тока со встроенной защитой от сверхтоков (АВДТ), которые обеспечивают не только контроль дифференциального тока, но и одновременно защиту от токов короткого замыкания и токовых перегрузок (сверхтоков).

Безусловно, что такое совмещение в одном устройстве функций МАВ и УЗО, конечно же, позволяет достичь более высокого уровня безопасности эксплуатации электрооборудования.

Все три упомянутых выше этапа развития устройств защиты в сферах электробезопасности и противопожарной защиты низковольтного электрооборудования прошла и электротехническая Группа «EATON» – один из лидеров в этой области.

На современном 4-м этапе, следующим шагом Группы «EATON» по дальнейшему совершенствованию средств защиты стала разработка принципиально нового защитного устройства AFDD+, выполненного с использованием новейших инновационных технологий и в соответствии с требованиями современных международных стандартов [1-3].

AFDD+ – это универсальное, многофункциональное защитное устройство комплексного действия (рис. 3), в котором на качественно новом уровне использованы все преимущества современных цифровых решений для обеспечения функционирования действующих систем безопасности на принципиально новом уровне.

Данное устройство осуществляет комплексную защиту не только от токов короткого замыкания, токовых перегрузок, токов замыкания (утечки) на землю, но и от дуговых пробоев за счет использова-

ния новой инновационной технологии AFDD (Arc Fault Detection Device), обеспечивающей возможность создания устройств защиты с гарантированной обнаружением дуговых пробоев (УЗДП).

Применение данной технологии, основанной на использовании инновационных алгоритмов цифровой обработки сигналов, характерных для дуговых пробоев в электрических цепях (рис. 3), обеспечивает сверхчувствительное и надежное обнаружения токов дугового пробоя [4] (на рис. 4 показаны характерные изменения в осциллограмме рабочего тока нагрузки в случае возникновения в фазном проводе дугового пробоя).

В случае возникновения дугового пробоя, ток нагрузки в электросети имеет уникальные характеристики, которые идентифицируются системой цифрового контроля AFDD+.

Прежде всего, это касается наличия при дуговом пробое высокочастотного шума в составе спектра тока нагрузки, а также наличия при дуговом пробое последовательного типа прерывания тока нагрузки в пределах близких к прохождению через ноль напряжения питания в электросети (рис. 4).

Схематическое изображение блок-схемы устройства защиты от дугового пробоя и особенности его работы представлены на рис. 5 [4]. Согласно приведенной блок-схеме рабочий ток в электрической цепи фазного провода измеряется двумя датчиками, с помощью которых определяются низкочастотная и высокочастотная составляющие рабочего тока. Полученные с помощью этих датчиков электрические сигналы анализируются встроенным микроконтроллером и, в случае наличия признаков, характерных для возникновения дугового пробоя, производит отключение электропитания с помощью управляемого коммутирующего устройства



Рис. 3. Пример дугового пробоя в электрической цепи

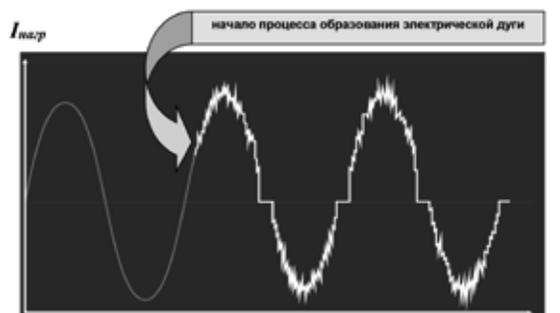


Рис. 4. Осциллограмма рабочего тока нагрузки в случае возникновения дугового пробоя

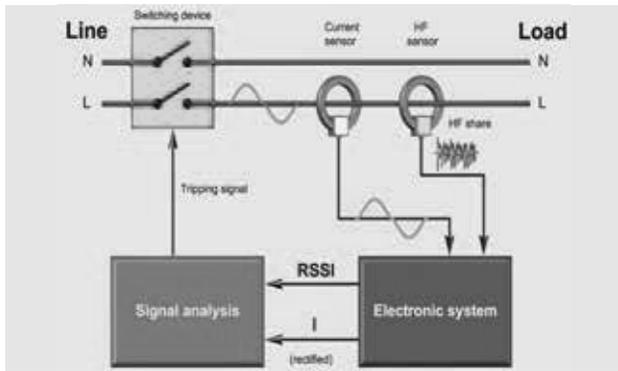


Рис. 5. Блок-схема устройства защиты от дугового пробоя

Непосредственное обнаружение изменений в параметрах тока нагрузки осуществляется защитным устройством AFDD+ с помощью разработанных новейших инновационных цифровых технологий, что, безусловно, значительно повышает надежность срабатывания данного устройства при аварийных ситуациях.

Необходимо отметить, что выполнение встроенным микроконтроллером AFDD+ функций цифровой обработки и оценки текущих электрических сигналов позволяет с высокой степенью надежности определить, обладают ли эти сигналы характерными для возникновения электрической дуги признаками, или же это всего лишь влияние внешних паразитных шумов оборудования. Все это повышает надежность работы защитного устройства и исключает возможность ошибочных срабатываний.

Защитное устройство AFDD+ было разработано в полном соответствии с требованиями по электромагнитной совместимости и таким образом, чтобы максимально исключить негативное влияние на его работу внешних дестабилизирующих факторов, например, импульсных помех при передаче данных с помощью электрических проводов.

Необходимо также отметить и тот факт, что используемые в защитном устройстве AFDD+ встроенные индикаторы состояния и дополнительный светодиодный позволяют получить исчерпывающую информацию, как по текущему состоянию самого защитного устройства и причинах срабатывания AFDD+, так и о типе электрического замыкания и дугового пробоя. Применение данных индикаторов в значительной степени облегчает поиск неисправностей и экономит время при проведении регламентных, ремонтных и аварийных работ (рис. 6, а, б, в).

На рис. 6, а и б представлены алгоритмы срабатывания встроенных индикаторов состояния AFDD+ (функций МАВ и УЗО/AFDD соответственно), а на рис. 6, в – алгоритмы работы светодиодного индикатора, включая алгоритм определения с его помощью причин срабатывания защитного устройства AFDD+.

Необходимо отметить, что среди существующих в настоящее время типов защитных устройств, именно AFDD+, разработанный по стандартам IEC 60364-4-42: 2014 и IEC 62606:2016, имеет макси-

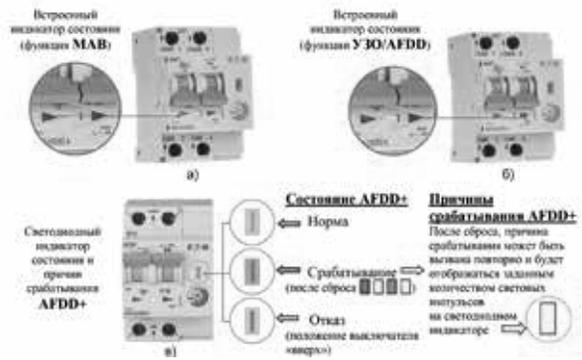


Рис. 6. Алгоритмы срабатывания встроенных индикаторов состояния AFDD+



Рис. 7. Функциональные возможности и защитные свойства МАВ, УЗО, АВДТ и AFDD+

мально расширенные функциональные возможности и позволяет обеспечить самый высокий уровень защиты в сферах электробезопасности (ЭБ) и противопожарной защиты (ППЗ).

Сравнительная оценка функциональных возможностей и защитных свойств МАВ, УЗО, АВДТ и AFDD+ приведена на рис. 7.

С учетом приведенных в данной работе материалов можно констатировать, что инновационные многофункциональные устройства комплексного действия AFDD+ позволяют гарантированно обеспечить минимальные риски и максимально высокий уровень ЭБ и ППЗ низковольтного электрооборудования.

Литература

1. IEC 60364-4-42: 2014. «Low-voltage electrical installations. Part 4-42. Protection for safety. Protection against thermal effects».
2. IEC 61140: 2001. «Protection against electric shock. Common aspects for installation and equipment».
3. IEC 62606: 2016. «Arc fault detection devices for household and similar use. General requirements».
4. Моркс Альфред. «Пожежі на установках низької напруги, викликані електричними пошкодженнями»: www.diamcons.com, e-mail: am@diamcons.com

LightWELD 1500 – компактная и простая система ручной лазерной сварки от ООО «ИРС»!

Толщина материала при односторонней сварке

- Низкоуглеродистые стали, нержавейка, оцинковка, алюминий - до 4 мм.
- Медь - до 1 мм.

При необходимости увеличения толщины свариваемых заготовок имеется возможность подключения модуля подачи присадочной проволоки

Мощность лазера

Возможность быстрой регулировки лазерной мощности от 150 Вт до 1500 Вт. Наличие импульсного режима с пиковой мощностью до 2500 Вт для проплавления высоко-отражающих материалов.



В 4 раза быстрее традиционных методов сварки

LightWeld значительно повышает скорость сварки, проще в освоении и эксплуатации, обеспечивает более качественные и стабильные результаты. Коробления, деформации, подрезы и прожоги сведены к минимуму, за счет существенно меньшей зоны термического влияния. Свариваемые детали практически не требуют подгонки и постобработки, что повышает производительность и снижает затраты.

Угловое соединение
Нержавеющая сталь
9 мм и 1 мм



Стыковое соединение
Нержавеющая сталь 1 мм
Медь 1 мм



Стыковое соединение
Низкоуглеродистая сталь 10 мм

Соединение внахлест
Низкоуглеродистая сталь
1 мм и 2 мм

Теперь не нужно быть профессиональным сварщиком

Предварительно установленные режимы сварки позволяют быстро переключаться при работе с различными материалами и толщинами, обеспечивая бесперебойный процесс сварки на рабочем месте и увеличивая его производительность. Для большей оптимизации опытные операторы могут создавать и сохранять свои персональные режимы сварки, а новички использовать уже сохраненные режимы для достижения высокого результата.



Компактность и удобство в эксплуатации

LightWELD 1500 оснащен воздушно-охлаждаемой лазерной системой. Это позволило отказаться от использования громоздких чиллеров. Сварочный пистолет компактный и эргономичный, имеет небольшой вес и позволяет операторам варить качественные сварные швы в течении всей рабочей смены с безопасным включением лазера. Простота системы и интуитивно понятное подключение позволяют быстро приступить к работе как новичкам, так и опытным сварщикам

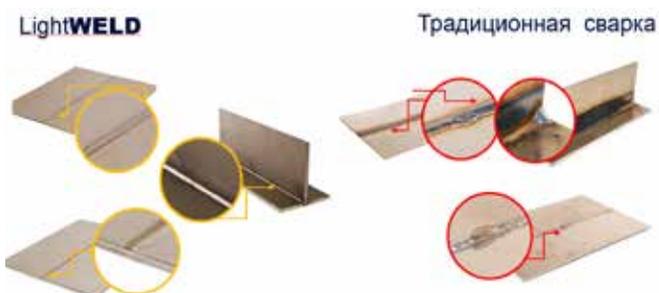


Встроенная система качания луча для повышения производительности

LightWELD 1500 обеспечивает простое управление возможностью увеличения ширины сварного шва до 5 мм и выбора частоты качания (осцилляции) выходного луча. Данная функция улучшает внешний вид швов и делает возможным сварку деталей с плохой подгонкой кромок.



Таким образом, LightWELD 1500 легко сваривает разнородные металлы различных толщин и позволяет создавать эстетичные высокопрочные соединения, не требуя при этом профессиональных навыков сварщика. Приобретая такой аппарат, вы значительно повышаете производительность, снижаете себестоимость сварного изделия и решаете ряд проблем, связанных с технологией получения сварных соединений.



| | Традиционные технологии сварки | Технология LightWELD |
|--------------------------------------|-----------------------------------|--|
| Скорость | Средняя | В 4-х раза быстрее, чем TIG |
| Качество | Зависит от опыта сварщика | Стабильные высококачественные результаты |
| Освоение | В несколько этапов | Стабильно высокие результаты |
| Гибкость в выборе материала | Ограниченная, требует переналадки | Широкий диапазон материалов без переналадки |
| Коробление и деформации | Высокие значения | Незначительные |
| Зона термического влияния | Большая | Малая |
| Сварка с осцилляцией (качанием) луча | Недоступна | Доступна - расширение шва до 5 мм |

Юлия Гнетнёва

● #1292



ООО «Интеллектуальные робот системы»
 Россия, 105264, г. Москва, ул. 10-я Парковая, д. 20
 | 8 (800) 777 02 01 | +7 (499) 748 93 01
www.irobs.ru
Юлия Гнетнёва
 +7 (964) 626-73-59
 sale3@irobs.ru

Лев Ефимов
 +7 (964) 626-73-53
 sale5@irobs.ru

Выставка «Сварка/Welding 2020» состоялась в гибридном формате

С 18 по 20 ноября 2020 г. в конгрессно-выставочном центре «Экспофорум» (Санкт-Петербург) состоялась Международная выставка «Сварка/Welding 2020», на которой участники мероприятия поделились последними новостями сварочного производства.

Ключевым событием прошедшего мероприятия стала деловая программа выставки, которая проходила в гибридном формате (классическое офлайн-мероприятие с онлайн-включениями). В рамках деловой программы состоялись традиционная научно-практическая конференция «Актуальные проблемы повышения эффективности сварочного производства» и семинар «Применение технических регламентов. Новое в идеологии технического регулирования». Было заслушано и обсуждено 15 докладов по различным направлениям научной и производственной тематики, а также по вопросам развития сварки и управлением ею, как важнейшей межотраслевой технологией в Российской Федерации.

Пленарное заседание научно-практической конференции «Актуальные проблемы повышения эффективности сварочного производства» было посвящено обсуждению вопросов развития и модернизации отрасли, а также тенденциям, формирующимся на мировом рынке сварочного оборудования, мероприятие прошло при поддержке Минпромторга России.

Семинар «Применение технических регламентов. Новое в идеологии технического регулирования», затронул тему стандартизации в сварочной отрасли.

Тематики основных докладов деловой программы.

- Концепция развития сварки и родственных технологий в судостроении.
- Применение компьютерного моделирования металлургических процессов сварки и наплавки для их инновационного развития в интересах производства.
- Фундаментальные и прикладные аспекты создания новых материалов и критических технологий для повышения эксплуатационной надежности неразъемных соединений высокоответственных

конструкций и техники специального назначения.

- Цифровая трансформация сварочного производства.
- Перспективы развития технологий и оборудования для электронно-лучевой обработки.
- Новые методы исследования структуры, механических и специальных свойств неразъемных соединений материалов.
- Сварочно-технологические свойства материалов и оборудование: методы регистрации, экспертная оценка.
- Инновационные аспекты применения новых технологий для развития промышленных производств: в судостроении, энергетике, транспорте и машиностроении.
- Особенности развития сварочного производства в современных условиях и необходимость консолидации сварочного сообщества.
- Состояние вопроса о подтверждении соответствия объектов сварочного производства в РФ и в Евразийском экономическом союзе (ЕАЭС).

Активное участие в конференциях приняли:

НИЦ «Курчатовский институт» ЦНИИКМ «Прометей» им. И.В. Горынина (Санкт-Петербург), Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ Петра Великого), АО «Корпорация «Уралвагонзавод» - АО «Центральный научно-исследовательский институт материалов» (Санкт-Петербург), Институт сварки АО «НПО «ЦНИИТМАШ» (Москва), Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Альянс сварщиков Санкт-Петербурга и Северо-Западного региона, ОАО «ММК-Метиз» (Магнитогорск), СЦ АНТЦ «Энергомонтаж» (Санкт-Петербург), ООО «НУЦ «Качество» (Москва), ООО «ЭкспоФорум-Интернэшнл» (Санкт-Петербург), Компания «КЕМРРИ» Финляндия (представительство в Москве), ООО «ЦТС Выборг».

В работе конференций также участвовали представители ряда предприятий и организаций: ЗАО «Адмиралтейские верфи», АО «Балтийский завод», АО «Средне-Невский судостроительный завод»,



АО «ЦТСС», ПАО «Силловые машины», ООО «Ижорские сварочные материалы», ОАО «Стройметаллконструкция», ТМ «Сварог», ТД «Арсенал-Метиз», ООО «Славянов», ЗАО «Магнитогорский завод прокатных валков» и др.

Поддержку выставке «Сварка/Welding 2020» оказали Минпромторг России, Альянс сварщиков Санкт-Петербурга и Северо-Западного региона. Организатор – ЭкспоФорум-Интернэшнл.

● #1293

Итоги международного форума и выставки «Безопасность и охрана труда» (БИОТ 2020)

Более 46 700 участников из 35 стран, 380 экспонентов из 20 стран, среди которых США, Великобритания, Китай, Индия, Франция, Германия, Франция, Украина, Италия, Турция и др. Более 170 мероприятий выставки и деловой программы. Свыше 400 спикеров, экспертов и докладчиков. Такова статистика международного форума и выставки «Безопасность и охрана труда – 2020» (БИОТ 2020), проходивших с 8 по 11 декабря 2020 г.

Впервые за свою 24-летнюю историю БИОТ проходил в формате онлайн, что сделало его доступным для самых отдаленных уголков России и мира. 4 дня сессий, конференций, круглых столов и дискуссионных панелей позволили обсудить самый широкий спектр проблем. Наиболее актуальными в расписании форума стали темы масштабного перевода процессов охраны труда на цифровую основу, умных СИЗ, знаковых изменений в сфере производственной безопасности, эффективности трудовых процессов в условиях COVID-19, взаимодействия отрасли СИЗ с государственными регулирующими и контролирующими органами. Параллельно с деловой программой на платформе мероприятия проходило общение представителей профессионального сообщества по наиболее актуальным темам. Количество зарегистрированных участников в 2020 г. вдвое превысило прошлогодние показатели офлайн-формата.

Выставка БИОТ давно перестала быть просто выставкой и превратилась в крупное многоплановое мероприятие в области обеспечения безопасности работающего человека, где обсуждаются нормативно-правовые акты и отраслевые стандарты, задаются тренды. БИОТ 2020 это подтвердил. Выступая на пленарной сессии «Труд и безопасность в чрезвычайных условиях пандемии COVID-19», прошедшей на площадке Генерального информационного партнера - медиа-холдинга РБК, Министр труда Антон Котяков рассказал, что 2020 г. был насыщен нормотворчеством в сфере регуляторики отношений работников и работодателей. Так, по инициативе Минтруда, Советом федерации одобрены крайне важные изменения в Трудовой кодекс, регулирующие дистанционную занятость.

Руководитель Роструда Михаил Иванков в своем выступлении отметил, что Роструд планирует изменить подход к проведению надзорных мероприятий и

рассказал о перспективах развития надзора за соблюдением трудового законодательства в условиях цифровизации и пересмотра форматов трудовых отношений. Тему цифровизации поддержал и президент Ассоциации «СИЗ» Владимир Котов. Он попросил министра труда Антона Котякова поддержать предло-



жение к правительству о необходимости стимулировать развитие инновационных СИЗ и технологий.

Руководство Официального партнера БИОТ-2020 – «Трубной Металлургической Компании», в рамках форума представило доклад «ESG. Опыт Группы ТМК», в котором обобщили наработанные в Компании знания по снижению уровня травматизма, повышению культуры производства и вовлечению сотрудников в работу по уменьшению рисков безопасности на рабочих местах.

Компания «Газпром Газобезопасность», член Оргкомитета БИОТ, поделилась уникальным опытом в организации и проведении работ по предупреждению травматизма, пожаров, аварий на предприятиях отрасли, а также выполнения комплекса специальных работ по профилактике и ликвидации выбросов, открытых газонефтяных фонтанов из скважин, включая месторождения на континентальном шельфе и ведения газозрывоопасных работ.

Холдинг «ШВАБЕ», Партнер БИОТ 2020 по профилактике COVID-19, (входит в «Ростех») представил продукцию для оснащения учреждений, эффективно зарекомендовавшую себя в условиях распространения пандемии COVID-19: дезинфицирующие порталы, тепловизоры, аппараты для очистки воздуха, диспенсеры для обработки рук, бесконтактные термометры.

Работа виртуальной выставки продлилась на платформе biotexpo.online до 15 января 2021 г. В январе 2021 г. организаторы БИОТ начали подготовку к форуму 2021. До встречи в 2021 году!

● #1294

II Международная конференция «Сварка в России – 2020: Современное состояние и перспективы»

С 14 по 17 сентября 2020 г. в г. Якутске состоялась II Международная конференция «Сварка в России – 2020: Современное состояние и перспективы», проходившая в рамках IX Евразийского Симпозиума по проблемам прочности и ресурса в условиях низких климатических температур «EURASTRENCOLD-2020», и посвященная 50-летию основания Института физико-технических проблем Севера им. В.П. Ларионова Сибирского отделения (ИФТПС СО) РАН.

Конференция проводилась 2-й раз и отмечалась живой интерес к мероприятию со стороны институтов и вузов, промышленных и производственных предприятий. Это говорит о том, что конференция стала основной площадкой по диалогу между организаторами и участниками мероприятия по вопросам развития и современного состояния сварки в России. Отличительной чертой конференции является то, что она ежегодно проводится в мульти-дисциплинарном формате в различных регионах РФ, что позволяет привлекать заинтересованных единомышленников на 1-й площадке, приближать мероприятие потенциальным партнерам для дискуссий и обсуждений общих тем, расширять масштаб и популяризировать научно-техническое мероприятие.

Научно-техническая конференция охватывает все направления развития сварочного производства, в т. ч. международное сотрудничество, направленное на укрепление связей между ведущими учеными и специалистами в области сварки и родственных технологий. На конференции обсудили широкий спектр научно-технических вопросов, в т.ч. создания нового класса материалов и оборудования, предназначенных для производ-

ства и ремонта высокоответственных конструкций, техники специального назначения, эксплуатируемых в экстремальных условиях. Важным направлением стала надежность конструкций ответственного назначения, снижение рисков от техногенных аварий, а также отрицательного влияния на окружающую среду.

Тематика конференции.

1. Современное состояние и перспективы развития сварочного производства России.

2. Перспективные сварочные материалы и оборудование, их разработка и внедрение в производство: в судостроении, энергетике, транспорте, машиностроении и нефтегазовой отрасли.

3. Фундаментальные и прикладные аспекты создания новых материалов и критических технологий для повышения эксплуатационной надежности неразъемных соединений высокоответственных конструкций и техники специального назначения. Фундаментальные и прикладные аспекты создания новых материалов и технологий сварки, наплавки и обработки для повышения эксплуатационной надежности металлоконструкций и техники специального назначения.

4. Моделирование процессов сварки и напряженно-деформированного состояния сварного соединения с применением современного программного обеспечения и комплексов.

5. Современные проблемы литейного производства. Аддитивные и металлургические технологии.

6. Тенденции и перспективы развития системы профессионального образования, осуществляющих подготовку квалифицированных сварщиков и специалистов сварочного производства.



Соорганизаторами конференции выступили: ФИЦ «Якутский научный центр СО РАН»- обособленные подразделения - ИФТПС СО РАН, Институт проблем нефти и газа (ИПНГ) СО РАН, Институт физики прочности и материаловедения (ИФПМ) СО РАН, ООО «Якутский центр сварки», Северо-Восточный Федеральный Университет им. М.К. Аммосова, Институт Машиноведения УрО РАН, ЦНИИКМ «Прометей» им. И.В. Горынина, С.-Петербургский Политехнический Университет Петра Великого, Российский университет нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина, СКТБ «Наука» ИВТ СО РАН, все Россия, Институт электросварки им Б.Е. Патона, Украина.

В работе конференции приняли участие 75 человек: ученые, научные сотрудники, аспиранты институтов и вузов, преподаватели вузов. В программу конференции вошли 42 доклада участников, из них 7 докладов в форме заочного участия, 18 - в англоязычном блоке. На заседании – были заслушаны 8 очных, 4 дистанционных и 4 стендовых докладов. В начале работ по видеосвязи со словами приветствия и пожелания плодотворной работы выступил сопредседатель оргкомитета конференции, член Научно-координационного совета по развитию сварки и родственных технологий в РФ при Минпромторге РФ, г.н.с. ИФПМ СО РАН, д.т.н., проф. Сараев Ю.Н. С приветственными словами к участникам конференции по видеосвязи также обратился академик РАН, Почетный металлург, лауреат Госпремий, г.н.с. Института металлургии УрО РАН РФ Смирнов Л.А.

На заседании научно-технической конференции был рассмотрен широкий спектр проблем фундаментальной и практической направленности, в т.ч.: результаты исследований и испытаний перспективных сварочных материалов и технологий на холоде для повышения надежности сварных конструкций ответственного назначения, а также надежность и долговечность техники и конструкций, эксплуатируемых в экстремальных условиях Крайнего Севера и Арктики; результаты анализа структурно-фазового состава сварных соединений, полученных методом импульсно-дуговой сварки при отрицательной температуре окружающего воздуха; строение материалов, произведенных по аддитивной технологии из порошков сталей разного химического состава; особенности образования структуры в зоне термического влияния, формирующейся в процессе плазменной резки листов стали Ст30Пс; особенности применения различных видов сварки и наплавки с подачей дополнительной присадочной проволоки, как подогретой, так и холодной, с целью повышения производительности и улучшения качества сварных швов и наплавленных валиков; результаты исследования влияния химического состава и способа нанесения антифрикционного

материала на вкладыши подшипников судовых дизелей на эксплуатационные характеристики сопряжения; возможности технологии диффузионной сварки для соединения материалов, используемых в различных отраслях промышленности; предложено усовершенствование существующих методов оценки технологической прочности сварных соединений посредством внедрения современного оборудования и систем неразрушающего контроля.

Особое внимание уделили вопросам моделирования процессов сварки и исследованию напряженно-деформированного состояния сварных соединений металлоконструкций ответственного назначения, а именно: определены распределения остаточных напряжений сварных соединений труб с использованием портативного рентгеновского оборудования; проведен анализ стадийности деформационных кривых из стали марки 12Х18Н10Т в дефектных и бездефектных образцах с привлечением данных распределений полей локальных деформаций; результаты математического моделирования напряженно-деформированного состояния сварных конструкций нефтегазового профиля с помощью универсального программного комплекса ANSYS; результаты исследования закономерности напряженного состояния в окрестности V-образных элементов с острой вершиной, в которой формируется сингулярный концентратор напряжений, требующий применения подходов механики разрушения; результаты исследований перераспределения остаточных напряжений в кольцевом стыке трубы диаметром 530 мм из стали 10Г2ФБЮ, класса прочности К60 после воздействия ударно-механической обработки (УМО); при сварке трением с перемешиванием алюминиевого сплава АМг5 с использованием инструмента из быстрорежущей стали Р6М5 зависимость удельного тепловложения от линейной скорости вращения при разных скоростях сварки имеет экспоненциальную зависимость; нахождение значений тепловложений при точечной сварке трением с перемешиванием, а также оценка диаметра инструмента для необходимого тепловложения.

Большое внимание было уделено сварке полимерных материалов, в т.ч.: параметры сварки, включающие продолжительности подогрева и выравнивания температур, толщину слоя теплоизоляционного материала определяются расчетным путем из



условия обеспечения протекания теплового процесса по закономерности, свойственной при сварке в условиях допустимой температуры; способы количественной оценки прочности материала сварных соединений, широко применяемых при различных способах сварки полимерных труб: сварка нагретым инструментом встык, сварка с помощью деталей с закладным нагревательным элементом и сварка нагретым инструментом в раструб; сварка сверх-высокомолекулярного полиэтилена методом магнитной индукции.

В работе конференции приняли участие представители 25 организаций, в т. ч: из России - 22, по одной – из Казахстана, Украины и Ирака.

Был выпущен сборник трудов конференции на русском языке, зарегистрированный в Российской базе РИНЦ. Материалы 18 трудов были опубликованы на английском языке в сборнике: «Procedia Structural Integrity», индексируемом в международных базах: Web of Science, «IOP Conference Series: Materials Science and Engineering» (MSE) и Scopus.

Участники конференции посчитали важным отметить, что: возрастает опасность возникновения различных техногенных аварий и катастроф; растет число конструкций, работающих с уже давно истекшим сроком эксплуатации. Современные требования к качеству материалов при изготовлении и монтаже сварных конструкций обуславливают тенденцию возрастания доли легированных сталей и сварочных материалов, содержащих модифицирующие добавки из новых химических элементов в общем объеме. Для стальных конструкций стремление использовать модифицированные добавки может быть оправдано, поскольку при этом повышаются прочностные характеристики неразъемных соединений, так и всей конструкции в целом. Вместе с тем, какими бы уникальными свойствами ни обладал используемый материал при сварке, указанные свойства ухудшаются вследствие влияния зон структурной неоднородности, появляющихся в результате повторного расплавления и кристаллизации металла шва, а также возникающих в них остаточных сварочных напряжений. Влияние этих факторов ещё больше увеличивается, когда сварка производится в условиях низких температур. Вследствие этого сварное соединение всегда является концентратором напряжений. В настоящее время, наряду со сталями, все шире применяются полимерные материалы, обладающие устойчивостью к коррозии, высокой долговечностью, низкой теплопроводностью. Однако применение полимерных материалов в условиях Севера затрудняется ограничением по температуре окружающего воздуха для проведения сварочных работ. Перечисленные вызовы современного этапа развития цивилизации, требуют постоянного совершенствования. Сварка является одним из ведущих технологических процессов современной промышленности, от степени развития и

совершенствования которого во многом зависит уровень технологии в машиностроении, строительстве и др. отраслях. Современная сварочная наука и техника позволяют надежно соединять изделия любых толщин и конфигураций – от деталей мельчайших электронных приборов до гигантских частей машин и сооружений. Однако несмотря на такое высокое развитие сварочного производства, и какой бы профессиональной организация-разработчик не являлась, реализовать значимые для государства проекты, в одиночку, невозможно.

Требование времени – обеспечение комплексного научно-технического решения, направленного на получение конечного результата – функционирование нового, или полная модернизация существующего производства. Важной составляющей развития современных сварочных технологий является необходимость перехода к передовым цифровым, роботизированным и адаптивным системам, применению новых материалов и способов их конструирования, созданию систем обработки больших объемов данных, машинного обучения и искусственного интеллекта. Участники конференции в полной мере осознают необходимость более активного участия сварочного сообщества в решении задач национальных проектов. Для этого необходимо создание междисциплинарных научно-производственных коллективов и научных групп, это можно реализовать совместным участием в общих проектах, различных фондах, обеспечивающие дополнительное стимулирование выполняемых исследований (РНФ, РФФИ, ФЦП), Гранты Президента РФ и др. Участники мероприятий отметили высокий уровень организации и проведения Международной конференции и Симпозиума, способствующий укреплению традиций и расширению связей между специалистами в области сварки.

В заключении участники и организаторы II Международной конференции «Сварка в России-2020: Современное состояние и перспективы», отмечая выдающийся вклад академика РАН Владимира Петровича Ларионова в развитие сварочного производства в условиях низких климатических температур Севера, и в создание ИТФПС СО РАН, сердечно поздравили руководство и коллектив ИТФПС СО РАН с юбилейной датой и пожелали дальнейшего процветания и развития во благо Российской науки.

С более подробной информацией о конференции, об ее итогах и опубликованном сборнике трудов вы можете ознакомиться на сайтах:

[www.//wr2019.ispms.ru/wr2020/](http://www.wr2019.ispms.ru/wr2020/), www.iptpn.ysn.ru

● #1295

Время умных. Интервью академика Б.Е. Патона Ю.М. Батурину: журнал «Вопросы истории естествознания и техники»*

Ю.М. Батурин, писатель, профессор, чл.-корр. РАН, космонавт, Герой России, зам. директора Института истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН

Это интервью с Борисом Евгеньевичем Патоном было опубликовано также в «РГ» в мае 2018 г. В том году 100-летний юбилей отмечала Национальная академия наук Украины. Более полувека ее возглавлял академик Борис Патон, которому по весьма символическому совпадению 100 лет исполнилось в один день с Академией.

Борис Патон был не только президентом НАНУ, но и многолетним директором Института электросварки имени Е.О. Патона НАНУ. Отец и сын - Евгений Оскарович и Борис Евгеньевич Патоны - выдающееся явление в мировой науке и инженерии. Борис Евгеньевич Патон - также был академиком Российской академии наук. Мы представляем читателю интервью «РГ», которое академик Б.Е. Патон дал в Киеве члену-корреспонденту РАН Юрию Батурину.

Борис Евгеньевич, Национальная академия наук Украины (НАНУ) отметит столетие со дня образования. Позвольте поздравить вас как президента НАНУ с этим юбилеем и пожелать Академии успешной работы!

Борис Патон: Спасибо, Юрий Михайлович.

Вы видели развитие науки в разные эпохи - в советскую, в эпоху перестройки, в постсоветские времена... Как удавалось поддерживать четкую координацию научных исследований в довольно многомерной советской академической структуре?



На память космонавту, Герою России, Ю.М. Батурину о первых исследованиях сварочных технологий в открытом космосе

Борис Патон: Вспомните, сколько академий существовало в Советском Союзе. Была Академия наук СССР. В военное время и сразу после появилось большинство республиканских академий. Возник очень сложный механизм, который предстояло настраивать на эффективную работу, без дублирования, но с профессиональной конкуренцией. И тогда по инициативе АН СССР с целью координации научной деятельности академий наук союзных республик в 1945 г. при Президиуме АН СССР был создан Совет по координации научной деятельности академий наук союзных республик. Он возглавлялся президентом АН СССР, и в его состав входили президенты республиканских академий наук. Была проделана огромная работа и оказана помощь республиканским академиям наук в определении и разработке ведущих научных направлений и проблем, имеющих общегосударственное значение, создании новых институтов и лабораторий, укреплении материально-технической базы, подготовке высококвалифицированных научных кадров. Кооперация научного труда между учеными академий наук республик в составе Советского Союза достигла исключительно высокого уровня.

Зато потом тесная кооперация взрывным образом распалась...

Борис Патон: Да, после распада Советского Союза творческие и деловые связи научных коллективов, оказавшихся в одночасье по разные стороны государственных границ, были нарушены. Ученые лишились доступа к общей системе информации, банкам научных данных, уникальным научным комплексам, которые создавались совместными усилиями.

Давайте поговорим об академиях наук стран СНГ после того, как единая академическая структура рассылалась.

Борис Патон: Российская академия наук в этой великолепной россыпи осталась ведущей академией. Я не устаю повторять, что РАН - самая крупная и действенная академия наук в мире, что бы там ни говорили те, кто пишет всякие рейтинги. Это действительно так. Но все-таки союзная

* 2018, т. 39, № 2

академия была более мощная и более интересная, чем Российская академия наук. Мое искреннее мнение. Может быть, я не прав.

Борис Евгеньевич, в свое время вы смогли остановить «разбегание» Большой академической семьи, инициировав создание Международной ассоциации академий наук (МАН). *Возможно ли, что академии СНГ смогут преодолеть центробежную тенденцию и сблизиться теснее, чем сейчас в МАН - в достигнутой точке некоторого равновесия?*

Борис Патон: По-моему, возможно. Если так не произойдет, это будет большой ошибкой в научной деятельности и, в частности, в научно-координационной. Со временем неминуемы перемены, меняются и направления деятельности академий наук. В сложившейся ситуации важно было начать противостоять центробежным силам и, найдя адекватную организационную форму сложившимся реалиям, общими усилиями содействовать созданию таких условий для сотрудничества ученых, которые позволили бы эффективно использовать совместный интеллектуальный потенциал как в национальных интересах, так и в интересах самой науки.

Так и было. Академии наук ряда стран СНГ начали подписывать между собой двусторонние договоры о сотрудничестве.

Борис Патон: Важность укрепления и развития двусторонних связей академий не вызывала сомнения. Однако эти первичные связи не могли решить всех проблем сотрудничества ученых. Необходимость сотрудничества на многосторонней основе для объединения усилий большего числа академий наук была очевидна. Об этом свидетельствовал также богатый опыт работы таких известных международных сообществ, как Международный совет научных союзов, Академия наук Третьего мира и ряда других. В конце концов академии наук пришли к выводу о необходимости образования ассоциации. Академии - участницы МАН были совершенно разными по масштабам, но вместе они создавали полноценное научное ядро. И слава богу, что мы, таким образом, не потеряли связи между академиями.

Разорвать связи можно мгновенно, а восстанавливать их приходится десятилетиями.

Борис Патон: Да. Еще в ноябре 1994 г. МАН предложила рассмотреть на заседании Совета глав государств СНГ вопрос о воссоздании единого научного пространства в рамках Содружества, то есть сделать еще один шаг на пути научной интеграции. МАН, владея информацией о состоянии научной сферы, неоднократно обращала внимание глав государств и правительств стран СНГ на то, что невозможно образовать общее научно-технологическое пространство, если каждое государство не примет срочных мер по сохранению и развитию своего на-

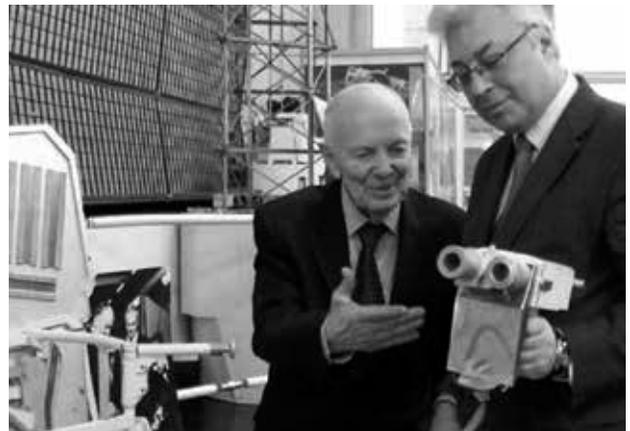
учного потенциала, не создаст благоприятных условий для совместного проведения важнейших научных исследований, использования уникальных научных объектов и сооружений в странах СНГ, не будет способствовать объединению усилий при подготовке научных кадров и осуществлению всестороннего обмена информацией.

К сожалению, крупных результатов в этом направлении не достигнуто. По-видимому, основная причина - отсутствие политической воли и существовавшая неопределенность отношения властей к науке. В результате принимаемые на межгосударственном уровне решения не выполнялись, и хорошая полезная идея была утоплена чиновниками в ворохе бумаг. Сегодня наши научные связи ослаблены до символического уровня. Совместные работы проводятся очень редко. Но все же, как модно говорить, мы не разбежались по национальным квартирам, а имеем возможность объединиться, когда это требуется.

Аналогичные процессы, насколько мне известно, происходят и с университетской наукой.

Борис Патон: Абсолютно верно! Несколько лет тому назад у меня состоялась встреча с очень уважаемым и любимым мною ректором МГУ академиком РАН Виктором Антоновичем Садовничим. Я отношусь с огромным пиететом к МГУ имени М.В. Ломоносова. Хочу подчеркнуть выдающуюся роль В.А. Садовничего как многолетнего ректора этого замечательного университета. Мы с ним нашли общий язык не только потому, что он по «первоначальной национальности» украинец. Мы думаем похожим образом. И мы нашли общие связи. Если бы такие связи существовали не только в отдельных направлениях и областях, а стали бы законом нашего творчества, это было бы очень здорово. К сожалению, не везде так обстоят дела.

Виктор Антонович - президент Евразийского союза университетов. И мы решили заключить договор между союзом вузов и нашей МАН.



Академик НАНУ и РАН Борис Евгеньевич Патон показывает дважды космонавту члену-корреспонденту РАН Юрию Михайловичу Батуруну аппарат УРИ

Результатом углубления взаимодействия науки и образования актуальным стало подписание 15 октября 2010 г. в Москве Соглашения о сотрудничестве между Евразийской ассоциацией университетов и МААН. Следствием стало вхождение Московского физико-технического института и Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова в МААН - событие неординарное и неслучайное. Пополнение академий наук талантливой молодой научной сменой, в т. ч. для обеспечения преемственности школ и поколений, - проблема из проблем. Совет МААН рассматривает упомянутые всемирно известные университеты в качестве своих стратегических партнеров в ее решении. Оба университета проводят активную деятельность по подготовке в интересах стран СНГ высококвалифицированных кадров.

Вы без малого четверть века возглавляли МААН. Заслуга ваша в сохранении научных связей огромна, а вины в том, что не все получилось, нет.

Борис Патон: МААН существует 25 лет. Я посчитал необходимым передать бразды правления кому-нибудь из более молодых организаторов науки. Признаться, сил на третью работу (помимо НАНУ и Института электросварки) уже не хватает. Да и возглавлять международную организацию на второй сотне лет – несколько вызывающе. Теперь МААН будет вести Владимир Григорьевич Гусаков - Председатель Президиума Национальной академии наук Беларуси. Я рад, что не погибла эта интересная международная сеть, в которой принял участие... Дай бог, чтобы дело укрепления наших научных связей продолжилось. Похоронить содружество академий наук не удастся. Дальнейшее развитие будет происходить в соответствии с движением Истории.

Ключевой вопрос. Чего вы сами желаете своей Академии в год столетия?

Борис Патон: Нового развития, движения вперед, и чтобы Академия не забывала того, ради чего она существует, что она уже сделала, и помнила, что многое надо бы сделать значительно глубже и лучше, чем пока удалось.

Надеюсь, вам не предлагали готовить заявление по собственному желанию? У нас традиционно про юбилейные даты не забывают только кадровики.

Борис Патон: Знаете, Юрий Михайлович, наука живет в турбулентном, штормовом времени, в котором и так трудно ориентироваться. Ученым доводится оценивать чаще короткие волны развития, редко кому везет увидеть эпохи как длинные волны. А это очень важно! Когда начинаешь измерять время эпохами, тогда видишь Историю с большой буквы, взаимосвязи, нереализованные возможности и непредставимые достижения, при-



ИЭС им. Е.О. Патона. Около стенда для сварочных работ в открытом космосе. Слева-направо: Г.М. Скударь, Б.Е. Патон и К.А. Ющенко, 2004 г.

чины побед и поражений, роль случайностей... Кто подскажет Академии, что надо или не надо делать, если ее президент сядет писать заявление об уходе? Нас рано списывать на берег, мы много знаем и понимаем...

19 августа 2020 года на 102 году жизни ушел из жизни выдающийся ученый, организатор науки, общественный деятель, директор Института электросварки имени Е.О. Патона, Герой Социалистического Труда (дважды - 1969, 1978 гг.), Герой Украины (1998 г.), заслуженный деятель науки и техники Украины (1968 г.), академик Национальной академии наук Украины (с 1958 г.), ее президент (с 1962 г.), академик АН СССР (с 1962 г.), АН РФ, депутат Верховного Совета УССР (1959-1988 гг.) и Верховного Совета СССР (1962-1991 гг.), член ЦК КПСС Борис Евгеньевич Патон.

●#1296

Сварка и родственные технологии – боевому ракетостроению.

Часть 2. Стратегическая реактивная техника первого поколения.

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

Война ускорила развитие еще одного направления ракетной техники – авиационного. И здесь немецкие конструкторы также оказались впереди. Немецкое командование надеялось, что это новейшее оружие вернет Люфтваффе господство в воздухе.

Турбореактивные двигатели в Германии начали разрабатывать ещё в конце 1930-х гг. Несколько лет специалистам по автомобильным и авиационным двигателям пришлось решать множество разнохарактерных проблем. Когда дошла очередь до самолётов, конструкции проектировали по результатам аэродинамических исследований. Использовались дюралюминий и сталь, литьё, горячая штамповка, клёпка. Истребитель Me-262 «Schwalbe» (проект TA-183) стал первым в мире серийным турбореактивным самолётом, впервые участвовавшим в боевых действиях [1, 2].

В октябре 1944 г. в Люфтваффе была сформирована истребительная часть из 40 самолётов Me-262. В ноябре на вооружение был принят первый в мире реактивный бомбардировщик Arado Ar 234 Blitz с двумя реактивными газотурбинными двигателями, расположенными под крыльями. В условиях тотального превосходства противника в воздухе высокоскоростные Ar 234 использовались также и для разведки.

Но оказалось, что значительное преимущество в скорости не может превзойти мастерство наших летчиков. 15 февраля 1945 г. трижды Герой Совет-

ского Союза И. Н. Кожедуб в паре с Д.С. Титаренко сбил реактивный «мессер». Это был 3-й в истории реактивной эры самолет, сбитый в воздушном бою, да и еще винтовым противником (первые 2 сбили американские летчики). Так началась «авиационная война с ракетными двигателями».

В 1945 г. британские войска захватили завод Focke-Wulf в Саксонии. Их добычей стали чертежи, модели и данные аэродинамических испытаний самолета TA-183. Советские войска нашли в Берлине в Министерстве авиации комплект чертежей TA-183. В США были переправлены целые самолеты. Победители начали изучать достижения побежденных.

Турбореактивные двигатели были значительно сложнее реактивных двигателей ракет V-2, и тем более реактивных минометов. В 1946 г. Моторостроительное ОКБ В.Я. Климова занялось разработкой двигателя РД-45Ф. Кроме уникальных конструктивных решений, немецкие специалисты разработали электроды для ручной дуговой сварки жаропрочных сталей и припои для латунных и стальных трубопроводов. Однако такие технологии в принципе уже были разработаны Всесоюзным научно-исследовательским институтом авиационных материалов (М.В. Поплавко-Михайлов и др.), авиазаводами (Н.Ф. Казаков, А.М. Тер-Маркарян). Углубленными исследованиями сварки специальных сталей занялись в ИЭС (А.Е. Аснис) [3, 4].

Одноместный реактивный истребитель МиГ-15 (изделие С, И-310, по кодификации НАТО: Fagot) создали в ОКБ А.И. Микояна и М.И. Гуревича. Его спроектировали со стреловидным крылом, вооружили тремя пушками (1х37 и 2х23 мм). Дюралюминиевая обшивка фюзеляжа, шпангоуты, лонжероны и стрингеры соединялись клепкой. В плоскости шпангоута № 13 две части фюзеляжа соединены между собой болтами [5, 6].

В 1948 г. И.Д. Кожедуб одним из первых испытывал реактивный МиГ-15. А в 1950-м г. Кожедубу было приказано: «Формировать истребительную дивизию. Прикрыть небо над Корейской народно-демократической республикой от налетов американской авиации и защитить на дальних подступах границу Советского Союза!». Летчиков полковник Кожедуб

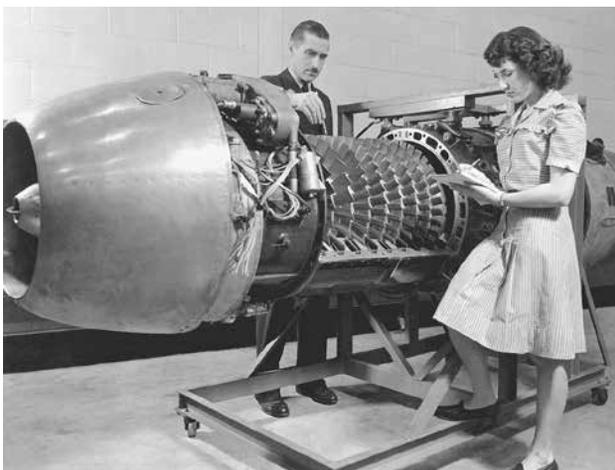


Рис. 1. Двигатель Jumo-004 на изучении в США, 1948 г.

подбирал из фронтовиков, успевших освоить МиГ-15.

12 апреля 1951 г. в историю ВВС США вошло под названием «черный четверг». В этот день 48 американских стратегических бомбардировщиков В-29А (Superfortress – Летучие крепости) под охраной около сотни истребителей F-84 (Thunderjet) и F-80С (Shooting Star) шли бомбить корейский город Сингисю и мост через реку Ялуцзян. Каждуб поднимал в воздух 36 реактивных МиГ-15.

Воздушный бой шел всего 9 минут. На аэродромы взлета американцев вернулись только 23 машины В-29А и 5 истребителей. В том бою советские летчики не потеряли ни одного самолета. Американцы срочно перебросили в Корею только что принятые на вооружение истребители F-86 Sabre. Они были так похожи на МиГи, что несколько Sabre были сбиты своими же истребителями. Это неудивительно – за основу самолетов был взят проект немецкого Me-262 [7].

Однако МиГ-15 лучше F-86 маневрировал в горизонтальной плоскости, имел отличную скороподъемность, тягу и был легче на 2,5 т. У советской машины было преимущество и в вооружении – 3 пушки (одна калибра 37 мм) с прицельной дальностью 800 м против 6 пулеметов, бьющих на 400 м.

За время Корейской войны летчики СССР, Китайской Народной республики и КНДР совершили около 64 000 боевых вылетов, сбили 1 097 самолетов противника. МиГ-15 до сих пор остаётся самым массовым реактивным самолётом в истории самолётостроения. В СССР, Китае, Польше, Чехословакии было выпущено более 16 000 машин, которые поступили на вооружение военно-воздушных сил 39 стран. Применялся в первых арабо-израильских войнах, и в других военных конфликтах по всему миру [8].

Существует мнение, что действия советской авиации не только остановили Корейскую войну, но и предотвратили Третью мировую. Ведь в середине 1940-х гг. США свернули планы атомных бомбардировок СССР «Peancer», «Dropshot» и другие, потому что подсчитали, что благодаря большому количеству лучших танков Советская Армия за эту акцию оккупирует Европу, а заодно и США. А военному министру Дж. Форестолу показалось, что это уже осуществляется, и 22 мая 1949 г. он с криком: «Русские танки идут!» выбросился с 16 этажа.

Дальнейшие планы Пентагона еще не рассекречены. Но там видимо поняли, что бомбардировщики с атомными бомбами могут и не долететь до запланированных целей и будут уничтожены на собственной территории [9].

Но если в СССР, США и ряде других стран сравнительно быстро справились с задачей создания эффективной реактивной авиации, то в истории человечества разработка боевых стратегических ракет стала особой сферой научно-технического прогресса. Навязанная СССР гонка вооружений обходилась значительными затратами, но способствовала ускоренному развитию материаловедения, разработки новых специальных сплавов и технологий литья,ковки, проката, сварки и др. Появившиеся по заказу ракетчиков прорывные технологии использовались и в других отраслях промышленности.

Нельзя согласиться с мнением о том, что конструкции и технологии ракет V-2, P-2 и даже «Редстоун» послужили основой для создания современных баллистических ракет дальнего действия (БРДД). Основные технические решения были найдены уже в начале XX века. В Швеции на рубеже веков В. Ундж



Рис. 2. Истребители F-86 и МиГ-15 в небе КНДР, 1950 г.



Рис. 3. Ракета Р-7 («Восход») на ВДНХ СССР, Москва, 1958 г.

изобрел ракетный двигатель с сужающимся соплом. В 1909 г. немецкая фирма Крупна приобрела его патенты. В США Р.Х. Годдард, используя двигатель с коническим соплом, значительно улучшил тягу. Во время Первой мировой войны он разработал проекты небольших военных ракет. В то же время гироскопическое управление применили для поддержания заданного направления движения торпед и ракет. Так что эти и другие несекретные коллективные достижения В. Браун, У.Р. Дорнбергер в условиях большой секретности использовали для разработки V-2. Интересно, что в США вдова Годдарда подала в суд на Брауна за кражу патентных решений американского изобретателя.

К первым баллистическим ракетам большой дальности (БРДД) следует отнести проекты Р-5 и Р-7, в которых появились оригинальные конструктивные решения. В ОКБ-1 С.П. Королева было найдено несколько новых оригинальных конструктивных решений. Так, уже в Р-5 топливные баки были несущими и представляли собой сварную тонкостенную конструкцию из алюминиевого сплава АМг6, подкрепленную шпангоутами. Двухступенчатая БРДД – ракета-носитель Р-7А (по классификации НАТО SS-6 Sapwood) с дальностью до 11 тыс. км состояла на вооружении РВСН СССР с 20 января 1960 г. по конец 1968 г. На базе Р-7 создано семейство ракет-носителей среднего класса для осуществления пилотируемых и беспилотных полетов космических кораблей на околоземные орбиты, на Луну, Марс и Венеру. На Р-7 и ее модификациях («Восток», «Молния», «Союз») были запущены в космос многие искусственные спутники Земли, начиная с самых первых, и все советские и российские космонавты, начиная с первого космонавта Земли Ю. А. Гагарина.

Правительство СССР поставило перед М.К. Янгелем задачу создать боевую стратегическую баллистическую ракету дальнего действия. И в КБ-586 (КБ «Южное») в Днепропетровске под его руководством было открыто новое направление в ракетостроении – проектирование ракет на долго хранимых (высококипящих) компонентах топлива и с автономной системой управления. Для того, чтобы со-

кратить сроки проектирования и изготовления стратегической ракеты, М.К. Янгель взял за основу проект Королева Р-12. Ему удалось увеличить дальность полета ракет до 2 тыс. км, предусмотреть установку на ракету головной части с ядерным зарядом, увеличить стартовую массу. Днепропетровской Р-12 был присвоен индекс 8К63 (по классификации НАТО SS-4 Sandalwood). Для неё В.П. Глушко (ОКБ-456) создал более мощный 4-камерный жидкостный реактивный двигатель 8Д59У (РД-214), используя задел двигателя для межконтинентальной крылатой ракеты «Буран» конструкции ОКБ-23 В.М. Мясищева [10].

Несущие баки ракеты из листов алюминиево-магниевого сплава АМг6 изготавливались автоматической сваркой в среде защитного газа аргона. В расположенном вверху баке окислителя имелось промежуточное днище, которое позволило применить перелив окислителя из верхней полости в нижнюю после его выработки. Этим создавались благоприятные условия для стабилизации полета. Впервые был применен «горячий» (510⁰С) наддув бака окислителя продуктами разложения перекиси водорода, позволивший исключить из состава ракеты баллон с жидким азотом, использовавшийся для наддува в первоначальном варианте ракеты. Наддув баков горючего и перекиси водорода производился сжатым воздухом из специальных шаровых баллонов из титанового сплава. Приборный отсек располагался между топливными баками. Ракета имела 4 небольших аэродинамических стабилизатора, управление полетом осуществлялось с помощью 4-х графитовых газовых рулей, установленных на срезе камер сгорания двигателя. Отделение головной части осуществлялось с помощью пневматического толкателя, срабатывавшего после разрыва пироболтов, крепящих головную часть к переходному отсеку [11].

К качествам ракет-носителей, кроме обычных требований к ответственным инженерным сооружениям, предъявлялись дополнительные требования, обусловленные высокими ударной нагрузкой и взрывоопасностью, капиллярностью компонентов то-

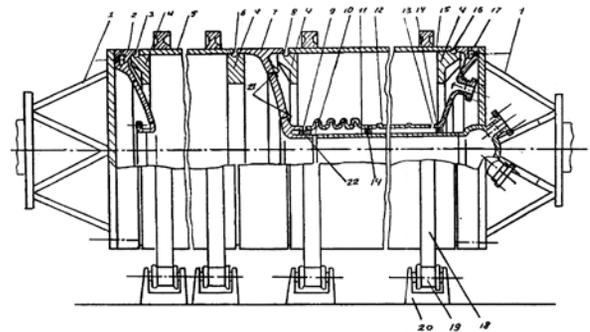


Схема сборки топливного отсека 1 – крышка переднего днища; 2 – днище; 3, 6, 8, 9, 10, 13, 16 – сварные швы; 4 – разливные кольца; 5 – обечайка переднего бака; 7 – промежуточные днища; 11 – малостальной трубопровод; 12 – тонкостенный трубопровод; 14 – центрирующие прокладки; 15 – обечайка заднего бака; 17 – заднее днище; 18 – баки; 19 – ролики; 20 – кронштейны разливных телесжек; 21 – вторичная герметизация; 22 – формователь прокладок

Рис. 4. Схема сборки топливного отсека 8К63, завод № 586, Днепропетровск, 1957 г. [11]

плива, перепадом температур в сотни градусов и др. Сложные технологические проблемы возникали из-за экстремальных условий эксплуатации. Необходимо было обеспечить высокую прочность, герметичность, точность размеров баков, двигателей, систем управления. Кроме того, определённые трудности встретились при производстве еще десятков других конструкций, служащих успешному выполнению общей задачи, таких как: транспорт для перевозки ракет, стартовый комплекс, цистерны для транспортировки и баки для хранения компонентов топлива, станции слежения и многое другое [11].

Эти задачи потребовали, кроме прочего, создания новых материалов, технологий, электронных приборов и др. И, соответственно, развития научной, экспериментальной базы и огромной напряженной работы ученых, конструкторов, изобретателей, рабочих, военных... Для изготовления почти всех составляющих ракетно-космических комплексов необходимо было создавать новые надежные технологии соединения, напыления, наплавки. Участие в изготовлении изделий Главных конструкторов С.П. Королёва и М.К. Янгеля стало основной задачей ИЭС им. Е.О. Патона, а завод «Прогресс» в Куйбышеве и Завод № 586 (Южный машиностроительный завод) вместе с КБ № 586 стали полигонами для отработки и подгонки новых технологий. По заказам ракетчиков в Институте электросварки выполнены десятки поисковых научно-исследовательских работ и были решены проблемы по обеспечению качества сварки и пайки всех узлов, контроля качества изготовления, ремонта дефектов. Только в 1959 и 1960 гг. Б.Е. Патон провёл 29 совещаний по проблеме разработки технологии, оборудования и конструкций узлов ракет-носителей. Б.Е. Патону были присущи постоянный поиск новых решений сложных научно-технических задач и стремление к достижению научных и практических результатов выше мирового уровня, в частности, в космической науке и технике [12].

В рассматриваемый период баки, сопла и ряд дру-

гих элементов изготавливали с применением аргонодуговой сварки [13].

Космические транспортно-энергетические установки; элементы реактивных двигателей и ряд других узлов ракет находились в экстремальных условиях эксплуатации и в состав конструкционных материалов вошли высоколегированные алюминий, титан, никель, ниобий, ванадий, молибден, вольфрам, тантал и их сплавы. В ИЭС в 1952 г. впервые в мире были созданы бескислородные галогенидные флюсы (Б.И. Медовар, С.М. Гуревич), что решило проблему производства новейшей техники.

Основные требования к ракетной электронике были устойчивость к ударным нагрузкам, и микроминиатюризация. Для изготовления микросхем, микромодулей, других систем и приборов в ИЭС им. Е.О. Патона, МВТУ им. Н.Э. Баумана, НИАТ, Киевском политехническом институте были созданы технологии и узкоспециализированные, универсальные аппараты конденсаторной микросварки (В.Э. Моравский, О.Н. Браткова, Г.А. Маслов, Г.В. Назаров и др.). Применялись также ультразвуковая термокомпрессионная и холодная сварка, а также пайка и сварка-пайка (А.А. Россошинский, Н.В. Гревцев, В.Г. Никитин, В.И. Кузьмин, Ю.Л. Красулин).

Значительный вклад в производство систем управления (автономного радиоуправления) сделали предприятия Харькова. С 1952 г. завод «Коммунар», прославившийся выпуском фотоаппарата «ФЭД», начал выпускать бортовую и наземную аппаратуру управления ракет Р-1. Одновременно с основными конструкторскими разработками ракет С.П. Королева, М.К. Янгеля, В.Н. Челомея здесь разрабатывалось производство систем управления их ракетами, в т.ч. аппаратуры ракетных комплексов Р-2, Р-5, Р-7, Р-11, Р-12. Большое значение имело создание в конце 1950-х гг. испытательно-пускового наземного электрооборудования для обеспечения запусков ракет. На Киевском радиозаводе было освоено и налажено серийное производство цифровых систем и вы-



Рис. 5. Ракета Р-12 на Кубе, 1962 г.

числительных машин для бортовой и наземной аппаратуры ракетных комплексов, систем управления боевых ракетных комплексов стратегического назначения, в т.ч. для всех 4-х поколений межконтинентальных баллистических ракет – от ракеты Р-12 (8К63) до Р-36М2 (15А18М) шахтного и РТ-23УТ-ТХ (15Ж52) железнодорожного базирования, системы управления межконтинентальных баллистических ракет морского базирования и космических ракетных комплексов.

В 1949–1954 гг. на Харьковском приборостроительном заводе им. Т.Г. Шевченко (ПО «Монолит») налажено производство аппаратуры командных пунктов, диспетчерских радиолокаторов, специальной аппаратуры для ракетно-космической техники, в т.ч. для первого искусственного спутника Земли. В апреле – сентябре 1957 г. на территории СССР было сформировано 12 особых научно-измерительных и наблюдательных пунктов для обеспечения летных испытаний ракетно-космической техники, оснащенных аппаратурой, созданной на ХПЗ им. Т.Г. Шевченко (среди них ОП-11 в Симферополе).

Гироскопические приборы для ракетно-космической техники, в т.ч. и для ракет Р-7 и Р-7А, разрабатывались в НИИ прикладной механики (НИИ-944) под руководством Главного конструктора В.И. Кузнецова. Киевский завод автоматики им. И. Петровского, который специализировался на проектировании и производстве гироскопических систем кораблей и торпед, разрабатывал, испытывал и изготавливал гироскопические электромеханические командные приборы управления ракетной техники.

В 1948 г. в Одессе построили автогенно-машиностроительный завод «Автогенмаш». В 1953 г. здесь начали выпускать воздухоразделительные установки и насосы, необходимые для производства кислорода ракет Р-1 и последующих типов. «Автогенмаш» («Криогенмаш») стал лидером по проектированию, изготовлению и обслуживанию криогенных воздухоразделительных установок.

Стартовые комплексы и системы заправки ракет начали проектировать в Главном специализированном конструкторско-технологическом институте, основанном в 1948 г. в Мариуполе. В 1949 г. на Новокраматорском машиностроительном заводе были изготовлены первые лафетные установки и подъемные краны для ракет Р-1 и Р-2; в 1950 г. – оборудование для запусков первых крылатых ракет ОКБ В.Н. Челомея, в 1954 г. – установщик для ракет Р-5 и кабины первого стартового комплекса ракеты Р-7.

Серийное производство ракеты 8К63 было организовано на 4-х заводах: № 586, № 166 (Омск), № 172 (Пермь), № 47 (Оренбург). В 1959 г. Р-12 была принята на вооружение и в 1960 г. поставлена на боевое дежурство. Это была самая массовая БРДД [10].

Началом стратегического уравнивания вооружений СССР и США стало размещение в 1962 г.

на Кубе ракет Р-12. К тому времени США уже окружили СССР военными базами. Ракеты «Тор» и «Юпитер» с баз Турции могли за несколько минут долететь до центральных регионов СССР. Теперь и США почувствовали реальную угрозу. Обоюдная угроза привела к согласию – вывести ракеты из Турции и Кубы [14].

Литература

1. Якубович Н. В. Истребитель Ме-262. Первенец реактивной эры. / Война и мы. Авиакolleкция. / – М.: Эксмо, 2009.

2. Шунков В. Н. Истребитель Мессершмитт Ме-262 «Швальбе». Авиация Люфтваффе. / Военная техника / – Минск: Харвест, 2000.

3. Маслов Г. А. К итогам совещания по сварочным работам в авиационной промышленности. // Автогенное дело. – 1948. – № 2. – С. 32–33.

4. Патон Б. Е. Современная сварочная техника и перспективы её развития. – Киев, Москва: Машгиз., 1952. – 92 с.

5. Шавров В. Б. История конструкций самолётов в СССР 1938–1950 гг. – М.: Машиностроение, 1988. – 568 с.

6. Gordon Yefim. Mikoyan-Gurevich MiG-15. The Soviet Union's Long-lived Korean War Fighter. – Hinckley, England: Midland Publishing, 2001. – 158 p.

7. Соболев Д. А., Хазанов Д. Б. Немецкий след в истории отечественной авиации. – М.: РУСАВИА, 2000. – 336 с.

8. Харук А. И. Истребители Второй мировой. Самая полная энциклопедия. – М.: Яуза, ЭКСМО, 2012. – 368 с.

9. Devis J. Red Wings over the Yalu: China, the Soviet Union, and the Air War in Korea / Williams-Ford Texas A & M University Military History Series / Hardcover, 2002.

10. Васильев В. Г., Конюхов С. Н., Мащенко А. Н. и др. Призваны временем. Ракеты и космические аппараты конструкторского бюро «Южное». / Под ред. С.Н. Конюхова / – Днепропетровск: «Арт-Пресс», 2004. – 228 с.

11. Джур Е. А., Вдовин С. И., Л.Д. Кучма и др. Технология производства космических ракет. – Днепропетровск: Издательство ДГУ, 1992. – 184 с.

12. Патон Б. Е. Наука. Техника. Прогресс. – М.: Наука, 1987. – 414 с.

13. Корниенко А. Н. От конверсии военной технологии к триумфу электросварки под флюсом. // Сварщик в России. – 2019. – № 4. – С. 38–43.

14. Черток Б. Е. Ракеты и люди. Горячие дни холодной войны. – М.: Машиностроение. – 2007. – 701 с.

●#1297

ТЕХНИЧЕСКАЯ ЛИТЕРАТУРА

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

* Цены на книги указаны без учета стоимости отправки.

** Продается только в электронной версии.

Тарифы на рекламу в 2021 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-2021 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 %)