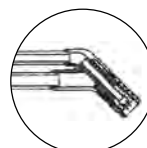


СОДЕРЖАНИЕ

Новости техники и технологий	4
Термическая резка и правка. История газопламенной обработки	
История создания техники безопасности и охраны труда при нагреве, термической резке и правке.	
<i>В.И. Панов</i>	6
Вклад отделов ИЭС им. Е.О. Патона в научно-технический прогресс.	
К 85-летию ИЭС им. Е.О. Патона	
Разработки, исследования и достижения ГП «Научно-инженерный центр сварки и контроля в отрасли атомной энергетики Украины ИЭС им. Е.О. Патона НАНУ».	
<i>Л.М. Лобанов, Н.М. Махлин, В.Е. Водолазский, В.Е. Попов,</i>	
<i>Л.П. Муценко, Д.С. Олияненко</i>	10
Физико-химические исследования материалов в институте электросварки им. Е.О. Патона.	
<i>И.А. Моссоковская</i>	19
Механизация сварочного производства	
Механизация как средство расширения возможностей выполнения сварочных операций. <i>Г.И. Лащенко, Ю.А. Никитюк</i>	22
Оборудование для производства	
Газокислородный резак РГКМ-1-SR для прецизионной резки листа.	
<i>В.М. Литвинов, Ю.Н. Лысенко, С.А. Чумак</i>	26
Технологии и материалы для термической обработки	
Энергоэффективные материалы в футеровках печей для термической обработки: проблемы выбора. <i>Д.В. Чайка</i>	32
Выставки	
«Weldex 2019» — XIX Международная выставка сварочных материалов, оборудования и технологий	35
19-я Международная специализированная выставка «Машиностроение.	
Металлообработка. Сварка. Казань» — 2019.	37
Страницы истории ИЭС им. Е.О. Патона.	
К 150-летию со дня рождения Е.О. Патона	
Династия ответственности. <i>С.Е. Семенов</i>	40



News of technique and technologies 4

Thermal cutting and fixing.

History of gas-flame treatment

The history of the creation of safety and labor protection during heating, thermal cutting and fixing.

V.I. Panov 6

Contribution departments of E.O. Paton EWI in scientific and technological progress.

On the 85-th anniversary of E.O. Paton EWI

Developments, researches and achievements of the State Enterprise «Scientifically-engineering center of welding and control in industry of atomic energy of Ukraine of the E.O. Paton EWI NASU».

L.M. Lobanov, N.M. Makhlin, V.E. Vodolazskiy, V.E. Popov, L.P. Mutsenko, D.S. Olianenko 10

Physical and chemical research of materials in the E.O. Paton electric welding institute.

I.A. Mossokovskaya 19

Mechanization of welding production

Mechanization as means of expansion of the possibilities of implementation welding operations.

G.I. Lashchenko, Yu.A. Nikityuk 22

Equipment for the production

Gas-oxygen cutter RGKM-1-SR for precision sheet cutting.

V.M. Litvinov, Yu.N. Lysenko, S.A. Chumak 26

Technologies and materials for heat treatment

Energy-efficient materials in the linings of furnaces for heat treatment: problems of choice.

D.V. Chaika 32

Exhibitions

«Weldex 2019» – XIX International exhibition of welding materials, equipment and technology 35

19-th International specialized exhibition «Mechanical engineering. Metalworking. Welding. Kazan» – 2019 ... 37

Pages history of the E.O. Paton EWI.

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

Dynasty of responsibility. *S.E. Semenov* 40

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 17.01.2020. Формат 60×84 1/8.

Печать офсетная. Бумага офсетная. Гарнитура PetersburgC.

Отпечатано в ЗАО «ТДДС-Столица-8».

Заказ № 140 от 14.01.2020. Тираж 1000 экз.

Издание выходит при содействии производственно-технического журнала «Сварщик»

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

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

Главный редактор В. Д. Позняков

Зам. главного редактора В. Г. Абрамишвили

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

А. А. Сливинский

Адрес редакции 03150, Киев, а/я 337

Тел./факс +380 44 200 80 14

E-mail welder.kiev@gmail.com

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

Подписка-2020

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

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

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

История создания техники безопасности и охраны труда при нагреве, термической резке и правке.

В.И. Панов

При хранении горючих газов и получении высоких температур экспериментаторы во время своих опытов, разработке технологических процессов с использованием легко воспламеняемых горючих газов, воздуха и кислорода, несмотря на принимаемые меры предосторожности, постоянно сталкивались с несчастными случаями, пожарами, взрывами и материальными затратами. Поэтому вопросам безопасности во все времена уделялось особое внимание. Экспериментатор должен хорошо знать аппаратуру и пользоваться ею с особой осторожностью. Но для этого потребовалась многолетняя работа инженеров и ученых.

Разработки, исследования и достижения ГП «Научно-инженерный центр сварки и контроля в отрасли атомной энергетики Украины ИЭС им. Е.О. Патона НАНУ».

Л.М. Лобанов, Н.М. Махлин, В.Е. Водолазский, В.Е. Попов, Л.П. Муценко, Д.С. Олияненко

Описаны основные разработки созданного в 1993 г. специализированного хозяйственного подразделения ИЭС им. Е.О. Патона НАНУ - Государственного предприятия «Научно-инженерный центр сварки и контроля в отрасли атомной энергетики Украины Института электросварки им. Е.О. Патона НАН Украины» (НИЦ СКАЭ). Приведены результаты проведенных в НИЦ СКАЭ разработок и исследований, показаны достижения этого подразделения, а также приведен перечень литературы, в которой изложены основные принципы, использовавшиеся при проведении в НИЦ СКАЭ научно-исследовательских, опытно-конструкторских и опытно-технологических работ.

Механизация как средство расширения возможностей выполнения сварочных операций.

Г.И. Лашенко, Ю.А. Никитюк

Представлен опыт НПФ «ВИСП» по созданию средств механизации сварочных операций в виде механического сварочного оборудования, установок для сварки и наплавки. Показано, что практика последних лет подтверждает актуальность использования различных средств механизации не только в части повышения производительности выполнения сварочных работ, но особенно для улучшения условий труда, стабилизации качества сварных соединений и наплавов, а также своевременному выполнению контрактов.

Газокислородный резак РГКМ-1-SR для прецизионной резки листа.

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

Разработан и внедрен на ЧАО «НКМЗ» газокислородный резак РГКМ-1-SR для прецизионной резки листа с помощью шарнирных машин АСШ-70 и переносных полуавтоматов типа «Радуга». Резак РГКМ-1-SR имеет следующие преимущества перед аналогами: уменьшены ширина реза, радиус оплавления верхней кромки и ЗТВ, улучшено качество поверхности реза, сокращены расходы энергоносителей. Описаны устройство и работа резака, приведены чертежи деталей, имеющих расчетные каналы. Представлены фотографии пробивки отверстий, врезания с кромки листа и процесса резки, выполненных синхронно с аналогом (резак РМ-2) с помощью машины АСШ-70. Показан процесс снятия фасок под сварку с помощью полуавтомата «Смена-2М» и приведены фотографии поверхности реза.

Энергоэффективные материалы в футеровках печей для термической обработки: проблемы выбора.

Д.В. Чайка

Рассмотрены вопросы энергосбережения при термической обработке сварных изделий на производстве. Проведено сравнение энергозатрат процессов термической обработки в печах с различными термоизоляционными наполнениями. Рассмотрены камерные электропечи HW 1000/12 с кирпичной футеровкой свода печи и HW 1000/12 S, где в качестве изоляционного материала свода использованы волокнистые блоки. Показано, что энергозатраты при нагреве в печах с традиционными кирпичными огнеупорами значительно выше. Выполненный анализ показал существенное преимущество печей с футеровкой волокнистыми теплоизоляционными материалами. Так, расход потребления электроэнергии меньше на 30%, масса футеровки меньше на 40%, облегчена конструкция каркаса печи, фундамента и др., затраты на выполнение ремонтных и строительных работ меньше на 30%, продолжительность цикла нагрева и термообработки уменьшается и повышается производительность.



Международная научно-техническая конференция «Актуальные вопросы подводной сварки на опасных производственных объектах и оценки квалификации водолазов-сварщиков» в Санкт-Петербурге

С 27 по 29 ноября 2019 г. в Санкт-Петербурге состоялась Международная научно-техническая конференция «Актуальные вопросы подводной сварки на опасных производственных объектах и оценки квалификации водолазов-сварщиков».

Организаторами конференции выступили: «Региональный Северо-Западный Межотраслевой Аттестационный Центр» (НАКС), «Учебный Научно-технический Центр Сварка» - директор Левченко А.М., Ассоциация подрядчиков подводно-технических работ (НПС «Ассоциация водолазов») – исполн. директор Новожилов А.В., при поддержке Комитета по труду и занятости населения Санкт-Петербурга, Северо-Западного управления Ростехнадзора, Национального агентства контроля сварки (НАКС), Совета по профессиональным квалификациям в области сварки, Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого и при технической поддержке ООО «Балтийский проект».

В конференции приняли участие представители Министерства труда России, Ростехнадзора, Российского Морского регистра судоходства, Российского речного регистра судоходства, представители компаний, выполняющих подводно-технические работы с применением процессов сварки и резки, производители сварочных материалов и оборудования, организации, осуществляющие подготовку и обучение специалистов по подводным сварочным работам, в частности: Marex Subsea Welds Ltd (Кипр), Laboratory of Welding Technology (Великобритания), Lappeenranta University of Technology (Финляндия).

Конференция собрала более 90 участников из 15 городов России, а также специалистов из Греции, Кипра, Великобритании, Финляндии и Казахстана.

С докладами выступили представители Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, Санкт-Петербургского морского технического университета, Севастопольского государственного университета, представители компаний производителей оборудования. Иностранные докладчики осветили аспекты



международной практики проведения подводной сварки и аттестации водолазов-сварщиков.

Особое внимание было уделено вопросам подготовки специалистов, независимой оценки их квалификации и аттестации, практике применения подводной сварки и резки на опасных производственных объектах, изменениям в области охраны труда при проведении водолазных работ.

Участникам были представлены новые разработки материалов, оборудования и технологий в области ручной, автоматизированной и роботизированной подводной сварки.

В рамках конференции состоялось публичное обсуждение проекта профессионального стандарта «Специалист по сварке и резке под водой» под руководством технического директора НАКС Чупрака А.И., при участии руководителя комиссии по профессиональным стандартам Совета по профессиональным квалификациям в области сварки Шахматова Д.М., директора «ЦПС «Сварка и Контроль», руководителя СЗР-2 ЦСП Иващенко О.А. и др.

В результате состоявшегося обсуждения было принято решение о внесении разработчиками корректуры в текст проекта. Отмечено, что в ближайшее время проект профессионального стандарта будет размещен на сайте СПК в области сварки для профессионально-общественного обсуждения.

www.spks.naks.ru, www.svarka74.ru

● #1199

Компания ESAB выпускает линию оборудования ХОББИ-КЛАССА

Компания ESAB, один из лидеров в области производства оборудования и расходных материалов для сварки и резки, объявила о старте продаж новой линии оборудования для частного применения, которая включает HandyArc 140i / 160, LHN 200i Plus и LHN 250i Plus.

Сварочные аппараты HandyArc были разработаны в соответствии с потребностями массового рынка – они имеют компактный размер, весят около 3 кг и работают от 220 В.

Эта модель оптимальна для использования в гражданском строительстве, производстве, а также ремонте и техобслуживании. Аппараты HandyArc подходят и для работ в учебных заведениях и мастерских.

Второй новинкой компании в сфере бытового сегмента стали аппараты LHN 200i Plus. Их главным преимуществом является надежность, а также сохранение высокой мощности при небольшом размере и малом весе. Цифровая панель индикации, длинные сварочные кабели и ручки для переноса позволяют сделать работу на этом оборудовании максимально комфортной. Рабочий цикл этой модели при 200 А имеет эффективность порядка 40%.

Еще более высокие показатели у третьей новинки компании – аппаратов LHN 250i Plus, рабочий цикл которых при 250 А имеет эффективность до 60%, что позволяет работать на этом оборудовании целый день.

Кроме того, данная модель оснащена функциями «Arc Force» («Форсаж дуги») и «HotStart» («Горячий Старт»), которые обеспечивают лучшее зажигание дуги, не позволяют электроду прилипать к свариваемой детали и поддерживают оптимальную стабилизацию дуги.

«В этом году мы сфокусировались на расширении нашей клиентской аудитории - профессиональное сварочное оборудование ESAB стало доступно не только специалистам промышленных предприятий, но и тем, кто использует сварку для личных целей - ремонта или хобби. Руководствуясь потребностями этого сегмента рынка, на наших заводах в России начался выпуск популярных марок сварочных материалов ESAB в малых пачках. Мы убеждены, что доступность качественного оборудования и материалов – ключ к повышению общего уровня культуры сварки в России» - отмечает Константин Горбач, управляющий директор ЭСАБ по Ближнему востоку, Африке, России и СНГ.



● #1200

На «Туполеве» запущена инновационная технология электронно-лучевой сварки

На Казанском авиационном заводе (КАЗ) им. С.П. Горбунова - филиале ПАО «Туполев» – запущена электронно-лучевая сварка титановых деталей для нового бомбардировщика Ту-160. В Казани завершается один из ключевых этапов модернизации КАЗ им. С.П. Горбунова.

С модернизированной технологией ознакомился замминистра обороны РФ Юрий Борисов и президент Объединенной авиастроительной корпорации Юрий Слюсарь.

Электронно-лучевая сварка используется для сварки балки центроплана бомбардировщика Ту-160. Этот агрегат весом 6 т является наиболее нагруженным, к нему прикреплены основные механизмы, обеспечивающие изменяемую стреловидность крыльев и сами крылья самолета. При строительстве Ту-160, самого большого бомбардировщика в мире, используется наибольшая доля титана.

«В Казани запускается одна из самых крупных в мире установка электронно-лучевой сварки и вакуумного отжига, сделанная исключительно по российским технологиям. Хочу поблагодарить всех подрядчиков, сотрудников наших предприятий за сделанную меньше чем за год большую работу по ее модернизации и запуску», – отметил президент ОАК Юрий Слюсарь.

«Модернизация некоторых критических технологий, в т. ч. электронно-лучевой сварки, прошла с опережением графика. Будем поощрять наиболее отличившихся специалистов», – отметил Юрий Борисов.

Активные работы по реконструкции установки электронно-лучевой сварки начались в 2016 г. Выполнили ремонт цеха, где располагаются установки, модернизировали технологическое оборудование установок.

Модернизация КАЗ им. С.П. Горбунова продлится до 2020 г. Выполняется установка современного технологического оборудования, реконструкция инженерных



сетей, коммуникаций и производственных площадей.

Общая протяженность сварочных швов – около 140 м. Основной принцип технологии сварки сохранился, но обновлено около 90% оборудования.

Сегодняшняя установка имеет ряд преимуществ перед созданной ранее. Полностью заменены вакуумная система, система охлаждения, энергоблоки, система управления. Сокращена потребляемая мощность. Модернизирована и вторая установка – печь вакуумного отжига, в которой заменены практически все системы.

Ключевые партнеры – ржевское ПАО «Электромеханика», ижевское ОАО «НИТИ-Прогресс» и Всероссийский институт авиационных материалов (ВИАМ).

www.i-mash.ru

●#1201

В Томском политехе нашли способ увеличить точность контактной сварки

Ученые Томского политехнического университета (ТПУ) создали алгоритм искусственного интеллекта, увеличивающий точность контактной сварки. Его применение позволит сделать сварное соединение в несколько раз прочнее, сообщает пресс-служба Вуза. Система может быть использована на предприятиях, производящих автомобили, самолеты, корабли и др. крупную технику, для повышения качества корпусов машин.

По словам автора разработки, ассистента кафедры интегрированных компьютерных систем управления ТПУ Бориса Пякилля, сейчас промышленные роботы-сварщики используют для всех изделий стандартный «рецепт»: рекомендованные силу тока и время воздействия для разных видов металлов. При этом не учитываются особенности каждого конкретного материала – процентное соотношение сплава, степень очистки поверхности. Это влияет на качество сварного соединения, которое в результате может оказаться слишком хрупким.

«Предлагается использовать разработанный нами алгоритм искусственного интеллекта, основанный на математической модели сварочного процесса, для определения необходимой силы тока и длительности сварки на основании особенностей материала. Внутри сварочного аппарата есть датчики, способные определить общее напряжение в сварочной цепи. Свойства свариваемых поверхностей меняют величину напряжения в цепи в течение сварочного процесса. Например, металл может быть по-разному зачищен, может содержать разное количество окисей или представлять собой достаточно сложный сплав. Во всех этих случаях напряжение в сварочной



цепи будет разным», – поясняет Б. Пякилля.

Молодой ученый предлагает подключать к сварочному аппарату небольшой компьютер, на котором будет запущена разработанная им программа. Получая данные о напряжении, она в считанные доли секунды будет выдавать необходимые настройки силы тока и длительности сварки. Такое автоматическое интеллектуальное управление роботом-сварщиком позволит добиться максимального качества сварных соединений.

Экспериментальную проверку разработанной программы Б. Пякилля проводил совместно с коллегами с кафедры оборудования и технологий сварочного производства ТПУ; они проводили опыты и дорабатывали существующую модель. Первый образец системы уже создан.

www.i-mash.ru

●#1202

История создания техники безопасности и охраны труда при нагреве, термической резке и правке*

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

25 мая 1812 г. в Англии на одной из угольных шахт произошел взрыв, унесший жизни 92 человек. Его причина – скопление метана, способного воспламениться на открытом огне или искре. После этой катастрофы в г. Андерленде (Англия) было учреждено общество по предотвращению аварий на угольных шахтах. А двумя годами позже, в 1814 г. в Королевском научном обществе сэром Хэмфри Дэви (1779 – 1829 гг.), который еще в детстве удивил всех своими необычайными способностями в области химии и физики, был выполнен ряд исследований газового пламени [1 – 5]. Поскольку при использовании горючих газов вероятность несчастных случаев и пожара всегда велика, вопросам безопасности и охраны труда во время лабораторных опытов и создания технологических процессов газопламенной обработки уделялось большое внимание. Появление взрывоопасного метана в шахтах оценивалось по поведению канареек. Однако учение – химики, физики и инженеры предложили свои методы. Этому предшествовал длительный путь развития изучения горючих газов на пожаро- и взрывоопасность, влияния на организм человека.

Самым распространенным горючим газом, используемым в процессах термической резки и правки, является ацетилен (его химическая формула C_2H_2 , а структурная $H - C \equiv C - H$). Он относится к группе непредельных углеводородов. Технический ацетилен при нормальных давлении и температуре представляет собой бесцветный газ с резким специфическим чесночным запахом, обусловленным содержащимися в нем примесями сероводорода (сернистого водорода H_2S), аммиака (NH_3), сернистого кальция (CaS), фосфористого водорода (PH_3) и др. Его длительное вдыхание вызывает тошноту, головокружение и даже отравление.

Ацетилен легче воздуха, при использовании этого газа необходимо учитывать его пожароопасные и взрывоопасные свойства. Это вызывало серьезную озабоченность у всех тех, кто имел дела с горючими газами. Температура самовоспламенения ацетилена колеблется в пределах 240 – 630 °С и зависит от давления и присутствия в нем различных веществ. Скорость его горения велика.

При длительном соприкосновении влажно-

го ацетилена с металлической медью и ее окислами образуется ацетиленид меди CuC_2 («ацетиленистая медь»), легко взрывающийся при перегреве, трении или ударе. Вот почему категорически запрещается при изготовлении ацетиленового оборудования применение сплавов, содержащих более 65 – 70% меди.

При повышении температуры ацетилена его распаду часто предшествует процесс полимеризации, т. е. соединение нескольких молекул в одну; в результате получаются другие соединения углеводородов. Процесс полимеризации сопровождается выделением тепла, ускоряющего этот процесс, и в результате при недостаточном отводе тепла может произойти взрывчатое разложение оставшегося ацетилена.

Повышение давления существенно снижает температуру самовоспламенения ацетилена. Взрыв ацетилена может иметь место и при температуре ниже 500 °С, но в присутствии катализаторов: окиси алюминия - при 490 °С, медной стружки – 460 °С, окиси железа - 280 °С.

При взрыве ацетилена происходит резкое повышение давления и температуры.

Проблему безопасного хранения сжатого ацетилена решили французские инженеры Клод и Гесс. Они установили величину давления, выше которого ацетилен взрывается. Если взрыв происходил в трубках чрезвычайно малого диаметра, то стенки трубок поглощали образовавшуюся теплоту так быстро, что вспышка ограничивалась только той зоной, в которой она непосредственно происходила. Клод и Гесс занимались также конструированием баллона, внутренность которого разделялась на очень маленькие ячейки. Проводились опыты с растворением ацетилена в ацетоне, что позволило установить наилучшее соотношение ацетилена и ацетона. Оно составляет 25:1. Дальнейшее совершенствование ацетиленового баллона осуществлялось еще в течение 20 лет. Дело заключалось в том, что ацетон постепенно испаряется из емкости. Образуется газовая полость, в которой газ, находящийся под давлением, может начать полимеризацию с выделением тепла и последующим взрывом. Эту проблему решил будущий лауреат Нобелевской премии Густав Дален (1869 – 1937 гг.), ко-

* Часть 4, части 1, 2, 3 – «Сварщик в России» № 3, 4, 5 - 2019

торый предложил использовать пористую массу (в частности, состав О. Кьелберга). Он назвал свое изобретение газовым аккумулятором, а в 1902 г. основал фирму, известную в наше время под названием AGA – Aktiebolaget Gas Ackumulator (Газо-аккумуляторная компания).

Надо упомянуть и работы Ле Шателье по выбору материала пористой массы. 1896 г. считается годом, когда было решена проблема безопасного хранения сжатого ацетилена в ацетоне. Благодаря найденным решениям транспортировка ацетилена и его хранение стали относительно безопасными, и газ начали активно применять в промышленности и в быту. Например, в 1898 г. спрос на карбид кальция во Франции уже превысил его производство.

Кислород (O_2) является негорючим газом без запаха, цвета и вкуса, но этот газ активно поддерживает горение; его соприкосновение с минеральными маслами, жирами или др. горючими веществами приводит к их самовоспламенению, а часто к взрыву.

Водород (H_2) в нормальных условиях представляет собой горючий газ без цвета и запаха. Он легче воздуха, образует взрывоопасные смеси в сочетании с воздухом и кислородом. Сжиженный водород может стать причиной сильных обморожений, большие концентрации этого вещества вызывают удушье и головокружения.

В середине XX столетия из-за дефицита карбида кальция происходит замена ацетилена на заменители: газообразные и жидкие горючие, которые, как и ацетилен, являются легко воспламеняемыми и взрывоопасными веществами. Поэтому приготовление газокислородных (газовоздушных) смесей для газопламенной обработки требует соблюдения особых предосторожностей. Для того, чтобы своевременно обнаружить утечку газа, его подвергают одоризации. Но надо помнить, что при утечке газа из подземного газопровода, одоризованный газ при прохождении через грунт фильтруется, т.е. теряет одорант и его запах в загазованном помещении может не ощущаться. Поэтому утечки газа из подземного газопровода весьма опасны и требуют от обслуживающего персонала повышенного внимания.

Жидкими видами топлива являются бензин, керосин, жидкий (сжиженный) газ и др. Бензин и керосин имеют высокую степень испарения. Чтобы не отравиться парами жидких горючих в закрытых помещениях их содержание в воздухе не должно превышать 300 мг/м^3 . Пары жидкого газа в смеси с воздухом (кислородом) образуют гремучие взрывоопасные смеси.

Горючая жидкость (в т. ч. и сжиженный газ) обладает большим коэффициентом объемного расширения. Это означает, что с повышением температуры объем его в сосуде увеличивается, поэтому емкости для транспорта и хранения заполняют не более чем на

84-90% (в некоторых случаях – не более 70%), в противном случае при повышении температуры может произойти разрыв этих сосудов.

Кроме горючих газов в термической резке (плазменной, лазерной и др.) используют и другие газы. Среди них азот (N_2), не имеющий цвета, запаха и вкуса. В сварочном производстве широко применяется углекислый газ (CO_2) слегка кисловатого запаха и вкуса, и не имеющий цвета, он – тяжелее воздуха. Углекислый газ является потенциально токсичным газом. Избыток углекислого газа может вызвать головную боль, слабость, и др. симптомы. Согласно последним исследованиям, проведенным в Великобритании, в Индии и др. странах, высокий уровень CO_2 по своей токсичности близок к двуокиси азота, принимая во внимание его воздействие на клеточную мембрану и биохимические изменения, происходящие в крови человека, такие, как ацидоз (от лат. acidus – кислый), т.е. происходит смещение кислотно-щелочного баланса организма в сторону увеличения кислотности (уменьшению pH). Длительный ацидоз в свою очередь приводит к заболеванию сердечно-сосудистой системы, гипертонии, усталости и др. неблагоприятным явлениям для человеческого организма.

Оксись углерода (CO), которая образуется в процессе выполнения сварочных операций (нагрев древесным углем чугуновых изделий в горне для проведения ремонтной сварки и др.), представляет собой бесцветный газ, без запаха и вкуса; его масса тяжелее воздуха. Пребывание в помещении, воздух которого содержит 0,5% CO в течение 5 мин. опасно для жизни.

Газы, как правило, хранятся в баллонах (табл. 1), которые сами по себе, являются источником повышенной опасности.

При хранении переполненных баллонов имели место случаи их разрыва, которые становились причиной крупных аварий с человеческими жертвами.

Параллельно с изучением горючих газов и окислителей велась работа по созданию надежного оборудования. В ходе создания технологических процессов разрабатывались различные меры предупреждения явления обратного удара («обратного взрыва», «обратного хлопанья» и др.). Обратные удары пламени часто вызывали воспламенение газопламенного оборудования, и даже взрывы баллонов. Например, при подаче горючего газа и его окислителя (воздуха или кислорода) под одинаковым давлением при любом нарушении величины давления (неточная сборка редукторов или плохая их работа) происходит перетекание окислителя в каналы для подачи горючего газа и наоборот. Такое явление связано с пожарами, человеческими жертвами и материальными затратами. Для уменьшения этих опасностей создавались различные устройства. Так, Дж. Каммингом в 1818 г. был предложен водяной предохранительный затвор, в 1838 г.

Таблица 1. Технические характеристики газов, применяемых для газопламенной обработки

Показатель	Негорючие газы					Горючие газы			
	Кислород	Аргон	Гелий	Азот	Углекислый газ	Водород	Метан	Ацетилен	Пропан - бутан
Цвет корпуса*	Голубой	Серый	Коричневый	Черный		Темнозеленый	Красный	Белый	Красный
Давление газа, МПа	15							2.5	
Форма хранения газа	Сжатый				Сжиженный	Сжатый		Растворимый в ацетоне	Сжиженный
Масса, кг	До 60							До 90	22
Наружная температура окружающей среды, °С	-50...+60							-50...+40	-40...+45

*Примечание. Приоритет в идее окраски газовых баллонов, содержащих различные газы, в разные цвета принадлежит США для подключения горелок и получения в них воздушно - водородной смеси Э. Ричмондом были применены гибкие резиновых шланги. А. Брок (Германия) в 1847 г. усовершенствовал горелку собственной конструкции (предложенной в 1820 г.) путем установки диафрагмы в водородном канале. В 1850 г. кислородно – водородная горелка была усовершенствована французским химиком Сент-Клер Девилем, разместившим водород и кислород в разные каналы со смешением этих газов уже в сопле самой горелке (рис. 1).

А. Хейером была разработана горелка со смесительной камерой. В 1902 г. А. Арсенвал предложил использовать в горелках инжекцию кислорода. В этом же году Ч. Пикар разработал ацетиленокислородную горелку с кислородным инжектором. Идею создания конструкции со смесителем ацетилена и кислорода внутри горелки Ч. Пикару подал А. Ле Шателье. Горелку с инжектором разработал и Э. Фуше, когда использовал ацетилен из газогенератора. Спустя два года горелки с инжектором использовали не только для сварки, но и для резки. В США в 1907 г. фирма «Девис-Бурнонвиль» смонтировала в горелке пористую диафрагму, а горелка конструкции Готара – Эли имела пористые предохранительные клапаны. Поскольку технологические процессы термической резки и правки связаны с горючими газами и горючими жидкостями, с кислородом (окислителем) и открытым огнем, чрезвычайно высока вероятность возникновения

так называемых промышленных пожаров в промышленных помещениях и в быту. Классификация пожара определена международной организацией по стандартизации. В 1975 г. технический комитет этой организации подготовил стандарт ISO 3941:2007 Classification of fires, согласно которому различные виды пожаров классифицируются по 5 категориям. Для тушения пожаров при термической резке и правке рекомендуются жидкий азот и углекислый газ. Литр жидкого азота, испаряясь и обычно нагреваясь при этом до 20 °С, образует примерно 700 литров газа. По этой причине жидкий азот хранят в сосудах Дьюара или криогенных ёмкостях под давлением. На этом же факте основан принцип тушения пожаров жидким азотом. Испаряясь, азот вытесняет кислород, необходимый для горения, и пожар прекращается. Так как азот, в отличие от воды, пены или порошка, просто испаряется и выветривается, азотное пожаротушение – самый эффективный с точки зрения сохранности ценностей механизм тушения пожаров при газопламенной обработке и термической правке.

Было бы естественно полагать, что инертные химические газы не должны влиять на живые организмы, однако это не совсем так. Являясь химически инертными, они, тем не менее, обладают широким спектром биологического действия на живые организмы [6, 7]. Поэтому инертные газы могут быть причинами несчастных случаев на производстве. При работе в закрытом помещении при медленном снижении содержания кислорода в атмосфере до непродолжительно переносимого организмом уровня (5-7%) обнаруживаются симптомы: учащение дыхания и пульса, причем ритм дыхания может быть волнообразным (периоды учащения дыхания сменяются периодами замедления); потеря равновесия, головокружение, возможна эйфория; чувство тяжести или сдавливания в лобной части головы; стук в висках; чувство жара во всем

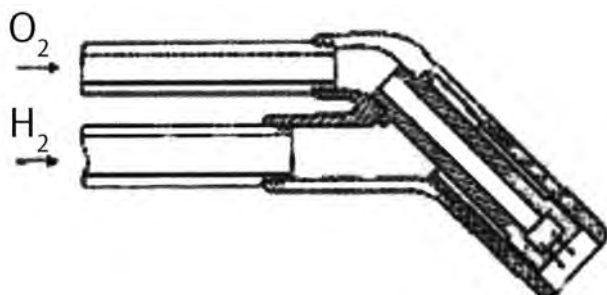


Рис. 1. Водородно – кислородная горелка Девиле

теле; чувство покалывания в языке, кончиках пальцев рук и ног; затруднение речи; быстро снижающаяся физическая работоспособность, нарушение координации; изменение восприятия окружающей обстановки и угнетение функции органов чувств, особенно осязания; возможны «провалы» памяти и внезапная потеря сознания.

Распространенное мнение о физиологической инертности азота не совсем правильно. Да, азот физиологически инертен при обычных условиях. Одна из пяти окислов азота - закись азота (N_2O) обладает весьма своеобразным физиологическим действием, за которое ее часто называют веселящим газом. В малых количествах N_2O вызывает чувство опьянения (отсюда название «веселящий газ»). Вдыхание чистого N_2O быстро вызывает наркотическое состояние и удушье.

Разницы в воздействии на человека аргона или азота при полном вытеснении ими из атмосферы кислорода не существует. Аргон, замещая кислород в воздухе (т. е. при снижении парциального давления кислорода) и вытесняя собой кислород из организма, воздействуют на человека как удушающий агент (асфиксанта).

Неону присуще наркотическое действие, но в очень малой степени. Для этого необходимо вдыхать смесь неона с кислородом под давлением не меньше 25 атм.

Литература

1. Справочник «Сварочное дело» в 2-х т. / под ред. М.К. Гусельщикова. - Л. - М.: Государств. научно-технич. издат-во по машиностроению, металлообработке и черной металлургии, 1933. - Т. 1, 2. - 591 с.
2. Волков В.А., Вонский Е.В., Кузнецова Г.И. Выдающиеся химики мира. - М.: Высшая школа, 1991. - 656 с.
3. Храмов Ю.А. Физики: Биографический справочник. / под ред. А.И. Ахиезера. Изд. 2-е, испр. и полн. - М.: Наука, 1983. - 400 с.
4. Полевой Г.В., Сухинин Г.К. Газопламенная обработка металлов: учебн. - М.: Машиностроение, 2005. - 333 с.
5. Соколов И.И. Газовая сварка и резка металлов: учебн. / изд. 2-е, испр. и доп. - М.: Высшая школа, 1981. - 320 с.
6. Ананьев В.Н. Влияние инертных газов аргона и криптона на поглощение кислорода в замкнутом пространстве. / Фундаментальные исследования. - 2012. - № 1. - С. 11-13.
7. <http://www.fundamentalresearch.ru/ru/article/view?id=29286>; <http://medical-diss.com/medicina/biologicheskoe-deystvie-kriptona-na-zhivotnyh-i-cheloveka-v-usloviyah-povyshennogo-davleniya#ixzz5qjsFty3W>

●#1203

Наперегонки с ветром – ДАКАР - 2020

26 декабря 2019 г. в Международном Мультимедийном пресс-центре МИА «Россия сегодня» состоялась пресс-конференция, посвященная участию спортивной команды «КАМАЗ-мастер» в самой масштабной мировой гонке «Дакар – 2020».

По традиции ESAB выступила технологическим партнером команды. Компания обеспечивает участникам техническую поддержку во время ралли, а также предоставляет оборудование для сварки и резки, сварочные материалы и средства индивидуальной защиты.

Сотрудничество в рамках проекта предусматривает регулярную работу над повышением уровня мастерства в сварке и резке механиков и пилотов «КАМАЗ-мастера», как на их производственно-технологической площадке в Набережных Челнах, так и в технологическом центре ESAB в Красногорске.

В совокупности, все это позволяет команде быстро и эффективно готовить раллийные грузовики к новым испытаниям, что особенно важно, поскольку практически после каждого этапа гонки им требуется ремонт.

В этом году маршрут «Дакара» составил 7 800 км, из которых 5 000 - скоростные спецучастки, а общая длина пяти спецучастков - 450 км. Это настоящее испытание на прочность, как для гонщиков, так и для машин. Стартует «Дакар» - 5 января с побережья Красного моря из Джидды, а финиш - 17 января в Киддии.

Команда «КАМАЗ-мастер» выставила на гонку 4 экипажа. Представляли Россию в грузовом зачете международного соревнования: действующий чемпион «Дакара» Эдуард Николаев, победитель ралли «Шелковый путь-2019» Антон Шибалов, а также Андрей Каргинов и Дмитрий Сотников. Всего на «Дакар-2020» было за-



явлено 47 экипажей в грузовой категории (170 мотоциклистов, 134 экипажа в категории авто и SSV).

«Техническая поддержка участников гонки – колоссальный труд, который остается незаметным для зрителей, но решающим для соревнующихся. Это справедливо как в отношении практической помощи, когда требуется оперативный ремонт в полевых условиях, так и в отношении психологической – именно техническая поддержка гарантирует спортсменам уверенность, что все под контролем. За годы нашего сотрудничества, каждая пройденная с командой дистанция, становилась для нас не только подтверждением возможностей компании ESAB, но и шагом на пути к дальнейшему развитию», – отмечает Константин Горбач, управляющий директор ЭСАБ по Ближнему востоку, Африке, России и СНГ.

●#1204

Разработки, исследования и достижения ГП «Научно-инженерный центр сварки и контроля в отрасли атомной энергетики Украины ИЭС им. Е.О. Патона НАНУ»

Л.М. Лобанов, акад. НАНУ, д.т.н., «ИЭС им. Е.О. Патона», **Н.М. Махлин**, **В.Е. Водолазский**,
В.Е. Попов, **Л.П. Муценко**, **Д.С. Олияненко**, ГП «НИЦ СКАЭ ИЭС им. Е.О. Патона НАНУ» (Киев)

Приведены результаты разработок специализированного хозрасчетного подразделения ИЭС им. Е.О. Патона – Государственного предприятия (ГП) «Научно-инженерный центр сварки и контроля в отрасли атомной энергетики Украины Института электросварки им. Е.О. Патона НАН Украины» (НИЦ СКАЭ) для отрасли атомной энергетики Украины по экспертно-материаловедческому сопровождению применения существующих в отрасли технологий сварки и родственных технологий в соответствии с действующей и обновляющейся нормативной базой, по созданию новых специализированных технологий и образцов электрического и механического сварочного оборудования, в т. ч. инновационных образцов оборудования для многопостовой ручной и автоматической дуговой сварки, автоматов для орбитальной сварки неплавящимся электродом в среде инертных газов, оборудования для подготовки к дуговой сварке стыков трубопроводов с номинальным внешним Ø от 7 до 219 мм, аппаратно-программных тренажерных комплексов серий МДТС и ТСДС, что позволило существенно повысить эффективность профессионального обучения, подготовки и переподготовки высококвалифицированных сварщиков, по проектированию контейнеров для хранения жидких и твердых радиоактивных отходов, а также металлоконструкций контейнеров для сухого хранения отработавшего ядерного топлива Запорожской АЭС.

Специализированное хозрасчетное подразделение ИЭС им. Е.О. Патона – ГП «Научно-инженерный центр сварки и контроля в отрасли атомной энергетики Украины Института электросварки им. Е.О. Патона НАН Украины» (НИЦ СКАЭ) – было создано постановлением Бюро Президиума НАН Украины (№ 110-Б от 23.04.1993 г.) на основании Приказа (№ 96 от 02.04.1993 г.) МНТК «Институт электросварки им. Е.О. Патона» НАНУ, базирующегося на решении Ученого совета ИЭС им. Е.О. Патона № 1 от 10.02.1993 г. по инициативе директора ИЭС им. Е.О. Патона академика Б.Е. Патона.

Первым директором НИЦ СКАЭ был назначен В.А. Богдановский, с 2013 г. по настоящее время НИЦ СКАЭ возглавляет Н.М. Махлин. Бессменным научным руководителем НИЦ СКАЭ является академик НАНУ Л.М. Лобанов.

В соответствии с решениями Президиума НАНУ, дирекции и Ученого совета ИЭС им. Е.О. Патона НАНУ и положениями Устава НИЦ СКАЭ последний был создан с целью:

- оперативной разработки ремонтных технологий и их внедрения на атомных электростанциях (АЭС) Украины;
- сосредоточения усилий технологов, конструкторов, электриков и др. специалистов ИЭС им. Е.О. Патона и его подразделений на разработке новых технологий и сварочного оборудования для отрасли атомной энергетики Украины;
- разработки тренажеров и тренажерных систем для подготовки кадров сварочного производства отрасли атомной энергетики Украины;
- координации научно-исследовательских, конструкторско-технологических и др. работ между научными подразделениями ИЭС им. Е.О. Патона и предприятиями отрасли атомной энергетики Украины;
- разработки и внедрения новых методик и нового оборудования механизированного контроля сварных трубопроводов и др. конструкций АЭС Украины;
- предоставления оперативной технической помощи предприятиям и организациям отрасли атомной энергетики Украины по вопросам сварки, родственных технологий и контролю качества сварных конструкций.

В результате активной и эффективной деятельности НИЦ СКАЭ, которая началась с 01.07.1993 г., в августе 1995 г. Администрацией Ядерного Регулирования Украины (АЯРУ), с учетом того, что в Украине с 1992 г. не существует головных материаловедческих организаций (оставшихся в РФ), для научно-технической поддержки эксплуатирующихся АЭС Украины АЯРУ было определено, что экспертной организацией в области сварки и родственных технологий, сварных соединений и кон-

струкций является ИЭС им. Е.О. Патона НАНУ и его подразделения (письмо АЯРУ № 07/2 – 09/612 от 14.08.1995 г.).

За годы своего существования НИЦ СКАЭ рассмотрел и выдал предприятиям отрасли атомной энергетики и др. отраслей экономики Украины более 1000 экспертных заключений, технологических инструкций, материаловедческих рекомендаций по выполнению сварных соединений и конструкций и др. конструкторско-технологических документов, причем ряд из них потребовали проведения дополнительных исследований и выполнения опытно-технологических работ.

В отрасли атомной энергетики Украины у НИЦ СКАЭ сложились взаимовыгодные и плодотворные научно-технические и производственные связи с многими Обособленными подразделениями (ОП) главной эксплуатирующей компании страны – ГП «НАЭК «Энергоатом». Среди таких подразделений – ОП «Запорожская АЭС», ОП «Хмельницкая АЭС», ОП «КБ «Атомприлад» и др. Особо тесные научно-технические и производственные связи у НИЦ СКАЭ установились с ОП «Атомэнергомаш», г. Энергодар, Запорожской обл., по заказам и в интересах которого в НИЦ СКАЭ выполнено множество опытно-технологических, экспертно-материаловедческих и опытно-конструкторских работ. В частности, большой интерес мировой сварочной общественности вызвала, выполненная в НИЦ СКАЭ для ОП «Атомэнергомаш», разработка по выполнению сварных соединений при ремонте и изготовлении трубных конструкций спиралей подогревателей высокого давления второго контура энергоблоков АЭС с реакторами типа ВВЭР – 1000 [1-3]. Следует также отметить, что именно в ОП «Атомэнергомаш» в значительных количествах изготавливаются разработанные в НИЦ СКАЭ контейнеры серий КРО и КТРО для хранения жидких и твердых радиоактивных отходов, а также многоместные герметичные корзины (МГК) вентилируемых бетонных контейнеров (ВБК) для сухого хранения отработавшего ядерного топлива (СХОЯТ) Запорожской АЭС. Только в 2018 г. в ОП «Атомэнергомаш» было изготовлено и поставлено Заказчикам более 1000 контейнеров типа КРО-200, более 720 контейнеров типа КТРО-200 и МГК ВБК – 5 шт.

Существенен и вклад НИЦ СКАЭ в осуществление по заказам предприятий отрасли атомной энергетики Украины термообработки и испытаний как никелевой проволоки, применяемой в качестве исходного материала для изготовления широко используемых на АЭС Украины никелевых прокладок, так и собственно этих прокладок. В 2018 г. в НИЦ СКАЭ рассмотрен разработанный в ОП «Атомэнергомаш» проект Технических условий (ТУ) на никелевые прокладки для уплотне-

ния соединительных поверхностей ядерных энергетических реакторов типа ВВЭР-1000, ВВЭР-440 и др. теплотехнического оборудования энергоблоков АЭС Украины, при этом в ОП «Атомэнергомаш» были направлены технические рекомендации и предложения относительно положений этих ТУ. Упомянутый проект ТУ с учетом рекомендаций и предложений НИЦ СКАЭ в настоящее время находится на рассмотрении и согласовании всех заинтересованных в ОП ГП «НАЭК «Энергоатом».

К достижениям НИЦ СКАЭ можно отнести не только разработку и внедрение в 1995-1999 гг. конструкции и технологий изготовления контейнеров КРО-200, КТРО-200 и МГК ВБК СХОЯТ Запорожской АЭС, но и научно-технические услуги, оперативно предоставленные в течение 2018-2019 гг. ОП «КБ «Атомприлад» по вопросам исследований химического состава и механических испытаний образцов деталей резервных дизелей типа 78Г энергоблоков АЭС Украины для обеспечения их изготовления отечественными предприятиями.

В 2016 г. в НИЦ СКАЭ в интересах ГП «Жулянский машиностроительный завод» Государственного концерна (ГК) «Укроборонпром» разработано и согласовано Техническое задание (ТЗ) на разработку модернизированного технологического оборудования для сварки неплавящимся электродом в среде инертных газов поворотных кольцевых швов металлических труб Ø 90, 112 и 132 мм, а также разработаны и согласованы соответствующие техническое предложение и эскизно-технический проект. К сожалению, дальнейшего развития эта работа не получила из-за отсутствия финансирования со стороны ГК «Укроборонпром».

В 2013 г. НИЦ СКАЭ по заказу ОП «Атомэнергомаш» разработал технологию сборки и сварки алюминиевого трубопровода из сплава АМгЗ при замене напорного и всасывающего трубопроводов исследовательского реактора Института ядерных исследований НАНУ (Киев). При этом в НИЦ СКАЭ были выполнены опытно-технологические, материаловедческие и экспертные работы, определены методы и необходимые объемы неразрушающего контроля сварных соединений, осуществлено технологическое и материаловедческое сопровождение изготовления этих трубопроводов в ОП «Атомэнергомаш». Разработаны и согласованы с ГИЯРУ отчет и обоснование (к разработке которых привлекались специалисты ИЭС им. Е.О. Патона НАНУ и ОП «Атомэнергомаш»), специфические технические решения при изготовлении алюминиевых трубопроводов исследовательского реактора, а также «Технологическая инструкция ТИЦ 121.0485-12 по изготовлению элементов трубопроводов из алюминиевого сплава АМгЗ исследовательского ядерного реактора».

По заказу отдела № 28 («Сварка газонефте-

проводных труб») ИЭС им. Е.О. Патона НАНУ в 2014 г. была разработана и передана Заказчику рабочая конструкторская документация (РКД) на стенд для коррозионного мониторинга несущих конструкций арки нового безопасного Конфаймента (НБК) для поврежденного энергоблока № 4 Чернобыльской АЭС в период строительства арки. Упомянутый стенд, изготовленный по разработанной РКД, был успешно внедрен на НБК и находился в эксплуатации проектное время, при этом, полученная с его помощью информация позволила определить расчетную долговечность всего НБК и завершить его сооружение.

Начиная с 1999 г. и по 2001 г. впервые в Украине НИЦ СКАЭ выполнил значительный объем опытно-конструкторских и опытно-технологических работ по совершенствованию и освоению отечественного промышленного изготовления многопостовых сварочных систем (МСС) для ручной дуговой (РДС или ММА) и ручной аргодуговой сварки (РАДС или TIG), широко применяемых при монтаже новых энергоблоков АЭС и различных ремонтах объектов атомной и тепловой энергетики, а также др. крупногабаритных объектов металлургии, судостроения, нефтегазового и аэрокосмического комплексов, на предприятиях химического и тяжелого транспортного машиностроения и в др. отраслях экономики Украины. Поскольку в качестве постового оборудования, обеспечивающего дискретное регулирование сварочного тока, и по настоящее время используются балластные реостаты, то главные недостатки существующих МСС заключаются в низкой энергоэффективности таких систем, ограниченных технологических возможностях, зависимости от колебаний напряжения сети, питающей нерегулируемый централизованный многопостовой мощный выпрямитель, взаимном влиянии постов друг на друга, необходимости привлечения для выполнения сварочных работ только высококвалифицированных сварщиков [4, 5]. Учитывая это, в 2001-2002 гг. в НИЦ СКАЭ были разработаны электронные регуляторы сварочного тока – РДЭ – 251 УЗ.1 (РДЭ – 256 УЗ.1) для РДС (ММА) и РДГ – 201 УЗ.1 для РАДС (TIG), представляющие собой сварочные конвертеры с КПД на номинальном сварочном токе (250 А) не менее 80 %. МСС, базирующиеся на существующих многопостовых мощных выпрямителях, кабельных коммуникациях и разработанных электронных регуляторах сварочного тока, отличаются высокой энергоэффективностью, широкими технологическими возможностями, возможностями предварительной установки и плавного регулирования сварочного тока и реализации режимов сварки модулированным током на каждом сварочном посту, независимостью от колебаний напряжения сети, питающей нерегулируемый централизованный многопостовой мощный

выпрямитель, от степени удаленности от него и от взаимного влияния постов друг на друга при их одновременной работе. При этом время подготовки сварщиков, способных выполнять ответственные и особо ответственные сварные соединения, заметно сокращается [6-12].

НИЦ СКАЭ еще в 1998-1999 гг. принял активное участие в производственных испытаниях, пуске в эксплуатацию и внедрении в сварочное производство ОП «Запорожская АЭС» сварочной системы NWS -100 (разработки и изготовления фирм США) для герметизации силовой и защитной крышек МГК ВБК СХОЯТ с помощью многопроходной сварки плавящимся электродом (электродной проволокой) в среде смесей инертных газов (MIG-сварки), а также разработал и внедрил соответствующие Технологические инструкции и др. необходимую производственно-техническую документацию. В 2014-2015 гг. в НИЦ СКАЭ по заказу ГП «НАЭК «Энергоатом» и ОП «Запорожская АЭС» разработано и согласовано с Заказчиками ТЗ на разработку отечественной сварочной системы (с изготовлением ее промышленных образцов), альтернативной системе NWS-100. В 2017 г. в НИЦ СКАЭ было разработано, предложено ОП «Запорожская АЭС» и согласовано с ним Техническое предложение и эскизный проект этой сварочной системы в трех возможных вариантах исполнения (один из которых был выбран ОП «Запорожская АЭС»). Однако, в 2017 г. выполнение в НИЦ СКАЭ дальнейших опытно-конструкторских и опытно-технологических работ в направлении создания, изготовления, поставки и внедрения промышленных образцов отечественной сварочной системы, альтернативной системе NWS-100, было вынужденно приостановлено из-за отсутствия финансирования со стороны ОП «Запорожская АЭС».

В период с 2006 г. по 2009 г. впервые в Украине в НИЦ СКАЭ были разработаны и промышленно изготовлены опытные образцы автоматов АДЦ 627 УЗ.1, АДЦ 625 УЗ.1 и АДЦ 626 УЗ.1 для орбитальной сварки неплавящимся электродом в среде инертных газов (преимущественно методами автоопрессовки и последовательного проплавления) – трубопроводов энергоблоков АЭС (GTAW – сварки) с номинальным наружным Ø от 7 до 76 мм с толщиной стенки до 2,5 мм из сталей аустенитного класса и до 2,0 мм из сталей перлитного класса (например, стали 20), цветных металлов и сплавов (за исключением алюминия и его сплавов) [13-17]. В течение 2008-2009 гг. было освоено промышленное производство упомянутых выше автоматов, а с 2010 г. – их внедрение в сварочное производство отрасли атомной энергетики и др. отраслей экономики Украины. В соответствии с заказом ОП «Атомэнергомаш» в 2009-2010 гг. был изготовлен автомат АДЦ 627 УЗ.1 для GTAW – сварки

со сварочными головками АДЦ 627.03.00.000 и АДЦ 627.03.00.000-01, причем последняя предназначалась для использования в контролируемой среде (преимущественно в среде гелия) и отличалась от сварочной головки АДЦ 627.03.00.000 конструкцией изолятора горелочного узла и углом наклона оси неплавящегося электрода. В ОП «Атомэнергомаш» этот автомат применен для выполнения сварных соединений элементов (ПЭЛ-ов), поглощающих нейтронное излучение [18] и, с помощью сотрудников НИЦ СКАЭ, производивших обучение технического персонала ОП «Атомэнергомаш» и разработку технологической инструкции, был пущен в эксплуатацию в 2010 г., в которой он находится и по сей день.

В 2010-2011 гг. по заказу Опытного производства (ОП) «КБ «Атомприлад» были изготовлены и переданы Заказчику автоматы АДЦ 627 УЗ.1 и АДЦ 625 УЗ.1 для GTAW – сварки, при этом производственный и обслуживающий персонал ОП «КБ «Атомприлад» прошел обучение в НИЦ СКАЭ правилам, нормам и приемам эксплуатации этих автоматов и их технического обслуживания. Также была разработана технология получения сварных соединений чехлов отечественных каналов нейтронных измерительных (КНИ), оказавшая положительное влияние на оптимизацию технологической конструкции отечественных КНИ [19]. С помощью сотрудников НИЦ СКАЭ указанные выше автоматы в ОП «КБ «Атомприлад» были запущены в эксплуатацию в 2011 г., в которой они пребывают и по настоящее время, и где они подтвердили свою высокую эффективность и надежность, а также готовность к продолжению работ по созданию отечественных КНИ по мере развития этих работ в ОП «КБ «Атомприлад».

Другим примером успешного внедрения упомянутых выше автоматов для GTAW – сварки является применение в ООО «ТИСЕР» (офис и база которого находятся в Киеве, а производство сосредоточено по Украине и России), изготовленного в декабре 2015 г., автомата АДЦ 625 УЗ.1 для выполнения неповоротных стыков труб с номинальным Ø 33 мм и номинальной толщиной стенки 1,5 мм из коррозионностойкой стали мартенситного класса (например, 20Х13). Сотрудниками НИЦ СКАЭ и в этом случае было проведено обучение сварочного и обслуживающего персонала ООО «ТИСЕР» правилам и приемам эксплуатации автомата АДЦ 625 УЗ.1 для GTAW – сварки и его технического обслуживания, однако этот автомат подвергся в ООО «ТИСЕР» интенсивной эксплуатации (которая также продолжается до настоящего времени) в условиях, имеющих существенные отклонения от оговоренных в его эксплуатационной документации (прямое воздействие воды, влажности, наружных ветров и пыли и др.) вследствие чего сотрудни-

кам НИЦ СКАЭ пришлось в процессе эксплуатации автомата выполнять его техническое обслуживание и 2 раза устранять нарушения в его работе, возникшие из-за игнорирования надлежащих условий эксплуатации. Тем не менее за период работы в ООО «ТИСЕР» с помощью одного комплекта автомата АДЦ 625 УЗ.1 для GTAW – сварки было выполнено более 13 500 (при расчетной норме не более 5000 стыков) неповоротных стыков вышеуказанных труб для их использования в теплообменных аппаратах пищевой промышленности.

Только по данным ОП «Атомэнергомаш», ОП «КБ «Атомприлад» и ООО «ТИСЕР» суммарный годовой эффект от внедрения автоматов АДЦ 627 УЗ.1 и АДЦ 625 УЗ.1 для GTAW – сварки составляет более 16,9 млн. грн.

Учитывая потребности и перспективы дальнейшего развития атомной энергетики Украины, а также задачи достижения Украиной энергетической независимости, в НИЦ СКАЭ в течение 2012-2017 гг. продолжались работы по созданию (впервые в Украине) отечественных автоматов для GTAW – сварки с подачей присадочной проволоки и колебаниями неплавящегося электрода. В результате выполненных опытно-конструкторских работ в НИЦ СКАЭ разработаны и изготовлены опытные образцы автоматов АДЦ 628 УХЛ4 для металлических труб с номинальным наружным Ø от 76 до 114 мм и АДЦ 629 УХЛ4 для труб с номинальным наружным Ø от 114 до 159 мм, а в 2017 г. также инициативно сконструирован автомат АДЦ 630 УХЛ4 для труб с номинальным наружным Ø от 159 до 219 мм, при этом номинальная толщина стенки труб во всех случаях составляет 12 мм. Тип сварного соединения – С-42 или С-23, а материал труб – стали аустенитного, перлитного и мартенситного классов, высоколегированные сплавы, цветные металлы и сплавы (за исключением алюминия и его сплавов) [16, 20, 21]. В процессе разработки автоматов АДЦ 628 УХЛ4, АДЦ 629 УХЛ4, АДЦ 630 УХЛ4 для GTAW – сварки с подачей присадочной проволоки и колебаниями неплавящегося электрода в НИЦ СКАЭ был предложен ряд оригинальных инновационных технических решений, например, описанных в [22, 23]. В качестве инициативной разработки в 2017 г. в НИЦ СКАЭ создана РКД на сварочную головку АДЦ 626.03.00.000 П для металлических труб с номинальным наружным Ø от 42 до 76 мм и номинальной толщиной стенки до 7 мм, обеспечивающую подачу присадочной проволоки и колебания неплавящегося электрода, при этом для осуществления алгоритма сварки и управления механизмами, установленными на планшайбе сварочной головки АДЦ 626.03.00.000 П, может быть полностью использована система управления автоматов АДЦ 628 УХЛ4, АДЦ 629 УХЛ4, АДЦ 630 УХЛ4 для GTAW – сварки. В настоящее время в

НИЦ СКАЭ завершаются всесторонние испытания (в т. ч. функциональные) этих автоматов и отработка технологий их применения. Это создает необходимые предпосылки для корректировки РКД автоматов АДЦ 628 УХЛ4, АДЦ 629 УХЛ4, АДЦ 630 УХЛ4 для GTAW – сварки на предмет их модернизации (в частности, замены входящего в их систему управления персонального компьютера на микропроцессоры), освоения их отечественного промышленного изготовления и широкомасштабного внедрения в сварочное производство отрасли атомной энергетики и др. отраслей экономики Украины.

В процессе работы в 2002-2015 гг. над созданием и внедрением отечественных современных высокоэффективных МСС и автоматов для GTAW – сварки в НИЦ СКАЭ впервые в мировой практике выработаны предложения по многопостовой автоматической орбитальной сварке неплавящимся электродом с использованием на каждом сварочном посту модернизированного электронного регулятора сварочного тока РДГ – 201 УЗ.1 и блоков систем управления автоматов АДЦ 627 УЗ.1, АДЦ 625 УЗ.1, АДЦ 626 УЗ.1 или автоматов АДЦ 628 УХЛ4, АДЦ 629 УХЛ4, АДЦ 630 УХЛ4 для GTAW – сварки [6, 24].

Принимая во внимание, что при сооружении, монтаже, модернизации и для обеспечения продолжения ресурса технологических трубопроводов и др. металлоконструкций потенциально опасных производств необходимо выполнять значительный объем сварочных работ (например, строительство и монтаж новых энергоблоков АЭС с реакторами типа ВВЭР требуют осуществления больше 120 000 сварных соединений на одном энергоблоке), есть все основания утверждать – альтернативы применению автоматических способов сварки в этих случаях нет [13,25]. Однако, отсутствие широкого спектра отечественного современного оборудования для подготовки к сварке неповоротных стыков трубопроводов продолжает оставаться одним из главных факторов, препятствующих существенному повышению качества сварных соединений и широкомасштабной автоматизации сварочных работ при монтаже, ремонте и модернизации объектов энергетики и др. отраслей экономики Украины [25-27]. До настоящего времени организации и предприятия отрасли энергетики, в т. ч. атомной, и др. отраслей экономики Украины вынуждены применять зарубежное оборудование аналогичного назначения, поступающее в Украину исключительно по импорту и которое по своим свойствам может удовлетворять украинских пользователей лишь частично. Многочисленными многолетними исследованиями и практикой достоверно установлено, что качество сварных соединений трубопроводов, соответствующее современным требованиям, в значительной степе-

ни (в большинстве случаев – в решающей) зависит от качества предшествующей сварке обработки торцов или кромок разделки их стыков и от качества сборки деталей трубопроводов непосредственно перед сваркой [26, 27]. Поэтому в соответствии с решениями дирекции ИЭС им. Е.О. Патона НАНУ и с участием нескольких его подразделений в НИЦ СКАЭ в 2013-2014 гг. впервые в Украине была создана (разработана РКД, изготовлены и испытаны опытные образцы) гамма современного отечественного безопасного мобильного оборудования для подготовки к сварке торцов и кромок разделок неповоротных стыков трубопроводов, в т. ч. инновационные модели торцевателей ТРЦ 38 УЗ.1 для металлических труб с номинальными наружным Ø от 14 до 38 мм и толщиной стенки до 5 мм, ТРЦ 76 УЗ.1 для металлических труб с номинальными наружным Ø от 38 до 76 мм и толщиной стенки до 7 мм и труборез разъемный ТТЦ 660 УЗ.1 для металлических труб с номинальными наружным Ø от 108 до 159 мм и толщиной стенки до 15 мм [26-30]. В НИЦ СКАЭ в 2018 г. в порядке инициативы на базе модернизированного торцевателя ТРЦ 76 УЗ.1 был создан торцеватель ТРЦ 108 УЗ.1 для металлических труб с номинальными наружным Ø от 76 до 108 мм и толщиной стенки до 9 мм, а в 2019 г. – труборез разъемный ТТЦ 670 УЗ.1 для металлических труб с номинальными наружным Ø от 159 до 219 мм и толщиной стенки до 18 мм, что предопределило потребность выполнения ряда исследований и опытно-технологических работ [30]. При этом принимались во внимание результаты анализа информации о параметрах, характеристиках и построении лучших мировых образцов оборудования для обработки торцов и кромок подлежащих сварке деталей трубопроводов. Изучались также присущие этим образцам недостатки и учитывались стремления к унификации основных составных частей отечественного оборудования для механической обработки торцов и кромок деталей металлических трубопроводов перед сваркой.

В НИЦ СКАЭ всегда уделялось пристальное внимание вопросам разработки технических средств для подготовки сварочного персонала. Следует отметить, что работы в этом направлении начали выполняться во взаимодействии подразделений ИЭС им. Е.О. Патона НАНУ и ИПМЭ им. Г.Е. Пухова НАНУ задолго до создания НИЦ СКАЭ [31-33], где они получили свое развитие, продолжают и будут продолжаться в направлении решения задач применения современных информационных технологий при подготовке сварочного персонала. В настоящее время информационные технологии, используемые при подготовке сварочного персонала, стремительно совершенствуются по следующим направлениям: дистанционный доступ

к знаниям при самоподготовке и дистанционном обучении; тестирование и проверка знаний; создание имитаторов (тренажеров) для обучения навыкам и умениям [34]. Тренажеры могут быть классифицированы по способу сварки, условиям его реализации, степени имитации реального процесса и инструментов.

По степени имитации процесса сварки все тренажеры можно подразделить на:

- 1) компьютерные, в которых имитация зоны сварки и сварочной дуги осуществляется в виртуальном пространстве средствами машинной графики и синтеза изображений;
- 2) обеспечивающие имитацию процесса сварки малоамперной дугой без плавления электрода и образования сварочной ванны;
- 3) использующие элементы реальных процессов сварки и сварочного оборудования.

По мнению многих ведущих ученых и специалистов в области применения информационных технологий при подготовке сварочного персонала, наиболее широкими функциональными и дидактическими возможностями обладают тренажеры второго и третьего типов, обеспечивающих приближение процесса обучения к условиям реального процесса сварки, малоамперные и дуговые тренажеры сварщика [35-37].

Среди известных образцов и моделей малоамперных дуговых тренажеров сварщика в настоящее время наиболее широкими функциональными, технологическими и дидактическими возможностями обладает, разработанный и изготавливаемый в НИЦ СКАЭ, малоамперный дуговой тренажер сварщика МДТС-05М1, позволяющий моделировать и имитировать процессы ручной дуговой сварки покрытыми электродами (ММА), сварки неплавящимся электродом (TIG) и сварки плавящимся электродом (MIG/MAG). Тренажер МДТС-05М1 обеспечивает возможность освоения навыков возбуждения дуги и поддержания ее в технологически обоснованном диапазоне длины, равномерного перемещения дуги по заданной траектории, а также поддержания угла наклона электрода к свариваемой поверхности, обеспечения регламентированного теплового режима сварочной ванны. При TIG – сварке дополнительно возможно освоение техники подачи присадочного материала в сварочную ванну. Важной составной частью программного обеспечения (ПО) тренажера МДТС-05М1 является учебно-методическая документация (УМД), включающая программу обучения, тестовую программу, библиотеки теоретического материала по реализуемым процессам сварки и справочных данных, содержащие типы и размеры характерных сварных соединений, а также виды основных дефектов в них. Технические решения, возможности аппаратной части, ин-

формационные ресурсы и построение, в т. ч. методическое, ПО тренажера МДТС-05М1 обусловили его широкое применение как технического средства обучения персонала сварочного производства в учебных заведениях профессионального образования и учебных центрах подготовки и повышения квалификации сварщиков Украины, РФ, Китая, Казахстана, Македонии, Белоруссии и др. стран. Только в РФ в эксплуатации находятся более 1100 тренажеров данного типа, при этом в ряде учебных заведений и аттестационных центров РФ на базе тренажеров МДТС-05М1 созданы тренажерные классы и лаборатории для подготовки сварщиков MMA-, TIG- и MIG/MAG-сварки. Опыт применения тренажера МДТС-05М1, в т. ч. в ОП «Запорожская АЭС», ОП «Ровенская АЭС», ОП «Южно-Украинская АЭС» и в др. ОП ГП «НАЭК «Энергоатом», подтверждает его высокую эксплуатационную надежность, экономичность и эффективность как для профессионального отбора и начальной профессиональной подготовки сварщиков, так и для повышения их квалификации, производственного тренинга и тестирования, а в ряде случаев (в частности, в атомной энергетике Украины и др. стран) – и для допускного контроля.

Традиционный подход к обучению сварщиков с использованием реальных процессов сварки связан со значительным расходом металла, сварочных материалов и электроэнергии. Интенсифицировать и качественно усовершенствовать процесс обучения навыкам и умениям с одновременным сокращением операционных издержек возможно только с применением аппаратно-программных средств высокого научно-технического уровня, обеспечивающих совмещение действительной и виртуальной реальности. В такой совмещенной реальности присутствуют виртуальные элементы процесса сварки и реальное сварочное оборудование. Анализ известных технических средств обучения позволяет сделать вывод о том, что в наибольшей степени такому подходу соответствует разработанный и изготавливаемый в НИЦ СКАЭ, и не имеющий аналогов тренажер сварщика дуговой сварки ТДС-06М1, который обеспечивает:

- масштабное воспроизведение реальных процессов дуговой сварки;
- измерение мгновенных и усредненных значений параметров процессов сварки при ее реализации и техники их выполнения, сравнение возможных отклонений от заданных или нормативных значений в динамике;
- компьютерную регистрацию и обработку полученной информации, ее документирование, хранение и воспроизведение в цифровом, графическом или табличном виде;
- осуществление обратной связи с обучаемым

(тестируемым) с помощью речевых сигналов (звуковых «подсказок»);

- автоматическое и однозначное оценивание действий и навыков обучаемого или тестируемого сварщика при реализации процессов сварки.

По структурному построению тренажер ТСДС-06М1 во многом схож с МДТС-05М1, однако отличается от него числом и параметрами датчиков измерительной системы, и схемо-конструктивными решениями, что обусловлено особенностями реализации процессов сварки на реальном сварочном оборудовании [38, 39].

В состав ПО тренажера ТСДС-06М1 входят программы обучения, тестирования и допускового контроля сварщиков и соответствующая УМД, которая адресована не только сварщикам, выполняющим сварочные работы, но и др. специалистам сварочного производства. При необходимости ПО тренажера ТСДС-06М1 может быть дополнена и программой аттестации сварщиков дуговой сварки.

Одной из самых сложных проблем, возникших перед разработчиками тренажеров серий МДТС и ТСДС, была проблема автоматизации измерений фактической скорости сварки, но удалось найти ее инновационное решение путем применения резистометрического способа, основанного на выполненных в ИПМЭ им. Г.Е. Пухова НАНУ работах по автоматическому определению координат зонда в проводящей среде [40, 41]. В результате творческого подхода к этим работам в НИЦ СКАЭ совместно с ИЭС им. Е.О. Патона НАНУ удалось разработать и эффективно применить в тренажерных сварочных системах резистометрический способ автоматического определения координат электрода имитаторов сварочного инструмента и автоматической оценки параметров движения сварочной дуги [42-46], что дало возможность осуществить относительно простое и надежное построение аппаратной части тренажеров серий МДТС и ТСДС.

За период с 1993 г. по июль 2019 г. сотрудниками НИЦ СКАЭ в различных научно-технических изданиях опубликовано более 70 работ и получено более 80 патентов Украины и др. стран.

И хотя в настоящей статье приведен далеко не полный перечень исследований, разработок и работ, выполненных в НИЦ СКАЭ, исходя из изложенного выше можно сделать вывод о том, что НИЦ СКАЭ ИЭС им. Е.О. Патона НАНУ успешно и эффективно решает задачи как для отрасли атомной энергетики и др. отраслей экономики Украины, так и задачи, поставленные Кабинетом Министров Украины, Президиумом НАН Украины и дирекцией ИЭС им. Е.О. Патона.

В заключение отметим, что в исследованиях и разработках НИЦ СКАЭ активную, положительную и непосредственную роль сыграли сотрудни-

ки ИЭС им. Е.О. Патона НАНУ: д.т.н. А.Е. Коротынский, инженеры И.В. Вертецкая, Н.П. Драченко, к. ф.-м. н. В.А. Пивторак, к. т. н. П.Д. Кротенко, П.В. Гончаров, Е.В. Шаповалов, В.А. Коляда, А.К. Царюк, инженер Л.И. Людвиг, д.т.н. В.А. Троицкий, д.т.н. В.М. Торон, д.т.н. Ю.Н. Ланкин и ряд др. ученых и специалистов ИЭС им. Е.О. Патона НАНУ; работавшие в разное время в НИЦ СКАЭ инженеры В.М. Гавва, А.Д. Чередник, А.В. Ткаченко, А.А. Муха, А.В. Бурба и др. К проектированию и конструированию упомянутых выше образцов оборудования и технологической оснастки привлекались инженеры В.Ф. Всеволодский, А.Г. Тарасенко, А.И. Чепига, В.Л. Кобрянский, Н.С. Федоренко, В.К. Смоляков и др. (НИЦ СКАЭ), инженеры А.П. Бывалькевич, В.Г. Белов, Н.А. Иванов, И.А. Федорченко и др. (ОП «Атомремонтсервис»). Во внедрении разработок НИЦ СКАЭ в сварочное производство в отрасли атомной энергетики существенную помощь оказали инженеры А.В. Макаревич, В.М. Пышный, М.Н. Подушка, Ю.Н. Фоменко, С.С. Яковлев, В.А. Желябовский, И.А. Евенко, С.А. Паненко, И.А. Паненко, В.А. Бредихин, А.В. Тищенко и др. (ОП «Запорожская АЭС»), инженеры В.В. Лысенко, В.Я. Вэм и др. (ОП «Хмельницкая АЭС»), инженеры Н.В. Немлей, С.И. Шмалько и др. (ОП «Южно-Украинская АЭС»), инженеры А.В. Маслюков, С.И. Лавров, А.А. Кириленко, А.П. Куликов, В.Г. Притыка, В.Г. Курнишов, А.В. Ковалюк, В.Б. Кудряшев, Г.А. Городнер, А.А. Потапов и др. (ОП «Атомэнергомаш»), к.т.н. В.А. Дюков, инженеры В.Б. Гонтарев, В.Ю. Буров, Н.А. Стариковский и др. (ОП «КБ «Атомприлад»), к. т. н. В.А. Федотов, Г.Ю. Маландин, инженеры С.Ф. Тархов, Н.А. Оксанинко, Н.Г. Порядин и др. (ЗАО «ДиСис», Москва), а также ряд др. специалистов отрасли атомной энергетики и др. отраслей экономики Украины. В подготовку производства и освоение промышленного изготовления разработанного в НИЦ СКАЭ оборудования существенные усилия вложили инженеры К.И. Колесник, А.А. Свириденко, В.П. Могиловец, О.И. Коркач, С.В. Абрамян, Н.М. Пасичный, А.У. Мнухин, А.В. Науменко, А.И. Караваев, В.Ф. Напалько, В.Е. Иванов, В.Н. Андрейченко, Ю.Н. Корень, В.П. Тищенко, Г.И. Писарев, В.М. Золотов, В.А. Нагорная, В.И. Веник, В.С. Павловский, С.К. Лазеба и многие др. специалисты ПАО «ЧЕЗРА», Чернигов.

Литература

1. Лобанов Л.М., Махлин Н.М., Водолазский В.Е., Попов В.Е., Коротынский А.Е., Жерносеков А.М. и др. Технологии и отечественное оборудование для механизированной сварки трубопроводов высокого давления второго контура энергоблоков АЭС Украины. // Сварщик. – 2018. – № 6. – С. 20-31.

2. Махлин Н.М., Водолазский В.Е., Попов В.Е., Коротынский А.Е., Лавров С.И. Выбор технологии сварки при изготовлении и восстановительном ремонте спиралей подогревателей высокого давления энергоблоков АЭС. // Автомат. сварка. – 2018. – № 4. – С. 37-43.
3. НП – 045 – 03: Правила устройства и безопасной эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды для объектов использования атомной энергии / Утверждены Постановлением Госатомнадзора России № 3 Госгортехнадзора России № 100 от 19.06.2003 г. // М.: НТЦ ЯРБ Госатомнадзора России, 2003. – 49 с.
4. Оборудование для дуговой сварки: Справ. пособие / Под ред. В.В. Смирнова. – Л.: Энергоатомиздат, 1986. – 656 с.
5. Бункин П.Я., Донской А.В. Многопостовые сварочные системы / Л.: Судостроение, 1985. – 228 с.
6. Махлин Н.М., Коротынский А.Е., Богдановский В.А., Омельченко И.А., Свириденко А.А. Одно- и многопостовые системы для автоматической сварки неповоротных стыков трубопроводов атомных электростанций. // Автомат. сварка. – 2011. – № 11. – С. 34-44.
7. Махлин Н.М., Коротынский А.Е., Богдановский В.А. и др. Электронные регуляторы сварочного тока для многопостовых сварочных систем. // Свароч. пр-во – 2004. – № 5. – С. 13-18.
8. Богдановский В.А., Махлин Н.М., Полосков С.И. Высокоэкономичные многопостовые сварочные системы с расширенными технологическими возможностями / Труды междунар. научно-практ. конф. 7-11.10.2008 г. «Экология окружающей среды – 2008. Энерго- и ресурсосбережение в промышлен., энергетике и на транспорте». – К.: ИЭС им. Е.О. Патона. – 2008. – С. 53-59.
9. Махлин Н.М., Коротынский А.Е., Бурак В.Ю., Водолазский В.Е., Попов В.Е., Олияненко Д.С., Скопюк М.И. Современные высокоэффективные многопостовые системы ручной и механизированной дуговой сварки. // Сварщик. – 2017. – № 5. – С. 24-32.
10. Драбович Ю.И., Лебедев А.В., Кравченко В.В. и др. Регулирование режимов механизированной сварки в CO_2 при использовании многопостовых источников тока // Автомат. сварка. – 1987. – № 10. – С. 70-71.
11. Коротынский А.Е., Махлин Н.М., Богдановский В.А. К расчету электронных регуляторов сварочного тока для многопостовых сварочных систем. // там же. – 2002. – № 12. – С. 19-27.
12. Гладков Э.А., Фетисов Г.П., Синельников Н.Г. Совершенствование управления процессами дуговой сварки на базе высокочастотных преобразователей энергии (обзор). // Свароч. пр-во. – 1984. – № 3. – С. 13-16.
13. Гриненко В.И., Рощин В.В., Хаванов В.А., Полосков С.И. К вопросу об автоматизации сварки монтажных стыков трубопроводов АЭС. // Технология машиностроения. – 2008. – № 8. – С. 48-51.
14. Букаров В.А. Технология дуговой автоматической сварки в защитных газах. // Сварка в атомной промышленности и энергетике: Тр. НИКИМТ. – М.: Издат АТ. – Т.1. – С. 149-210.
15. Ищенко Ю.С. Физико-технологические основы формирования швов в процессе дуговой сварки. // там же. – 2002. – Т. 2. – С. 204-240.
16. Махлин Н.М., Коротынский А.Е., Свириденко А.А. Аппаратно-программные комплексы автоматической сварки неповоротных стыков трубопроводов атомных электростанций. // Наука и инновации. – 2013. – Т. 9. – № 6. – С. 31-45.
17. Махлин Н.М., Федоренко Н.С., Бурак В.Ю., Водолазский В.Е., Попов В.Е., Олияненко Д.С., Коротынский А.Е., Скопюк М.И. Автоматизация сварки неповоротных стыков трубопроводов. Ч. 1. // Сварщик. – 2017. – № 6. – С. 26-37.
18. Богдановский В.А., Гавва В.М., Махлин Н.М. и др. Применение автоматической орбитальной сварки при изготовлении поглощающих вставок контейнеров хранения отработанного ядерного топлива и др. // Автомат. сварка. – 2011. – № 12. – С. 41-45.
19. Махлин Н.М., Попов В.Е., Федоренко Н.С. и др. Применение автоматической орбитальной сварки при изготовлении чехлов каналов нейтронных измерительных ядерных реакторов. // там же. – 2013. – № 6. – С. 29-34.
20. Махлин Н.М., Федоренко Н.С., Бурак В.Ю., Водолазский В.Е., Попов В.Е., Олияненко Д.С., Коротынский А.Е., Скопюк М.И. Автоматизация сварки неповоротных стыков трубопроводов. Ч. 2. // Сварщик. – 2018. – № 1. – С. 12-21.
21. Махлин Н.М., Федоренко Н.С., Бурак В.Ю., Водолазский В.Е., Попов В.Е., Олияненко Д.С., Коротынский А.Е., Скопюк М.И. Автоматизация сварки неповоротных стыков трубопроводов. Ч. 3. // там же. – 2018. – № 2. – С. 18-26.
22. Патент Украины № 101534. Патон Б.Е., Махлин Н.М., Коротынский А.Е., Богдановский В.А., Скопюк М.И., Бурак В.Ю. Способ дуговой сварки неплавящимся электродом и устройство для его осуществления. / Оpubл. 10.04.2013. – Бюл. №7, 2013.
23. Патент Украины № 108508 С2. Лобанов Л.М., Махлин Н.М., Коротынский А.Е., Полосков С.И., Водолазский В.Е., Скопюк М.И., Бурак В.Ю., Сипаренко А.Г., Шолохов М.А. Способ многопроходной сварки неплавящимся электродом с подачей присадочной проволоки и устройство для его реализации. / Оpubл. 12.05.2015. – Бюл. № 9, 2015.
24. Патент Украины № 108508 С2. Лобанов Л.М., Махлин Н.М., Коротынский А.Е., Проскудин В.Н., Бурак В.Ю., Тихонько К.С., Скопюк М.И., Водолаз-

ский В.Е., Сипаренко В.Г., Олияненко Д.С. Многопостовая система автоматической орбитальной сварки неплавящимся электродом. // Оpubл. 12.03.2018. – Бюл. № 5, 2018.

25. Белкин А.С., Шефель В.В. Автоматич. аргонодуговая сварка при монтаже трубопроводов АЭС. // Энергетическое строительство. – 1985 – № 11. – С. 43-46.

26. Рошин В.В., Хаванов В.А., Акулов Л.И., Букаров В.А. Сварка при монтаже оборудования и металлоконстр. реакторных установки. // Сварка в атомной промышлен. и энергетике. Тр. НИКИМТ. – М.: Издат АТ, Т. 1. – С. 81-118.

27. Лобанов Л.М., Махлин Н.М., Смоляков В.К., Свириденко А.А. Оборудование для подготовки неповоротных стыков трубопроводов к сварке. // Наука и инновации. – 2015. – Т. 11. – № 5. – С. 50-67.

28. Патент Украины на полезную модель № 102582. Лобанов Л.М., Смоляков В.К., Водолазский В.Е., Махлин Н.М. Портативное устройство для обработки торцов и кромок труб при их подготовке к сварке. // Оpubл. 10.11.2015. – Бюл. № 21, 2015.

29. Лобанов Л.М., Махлин Н.М., Водолазский В.Е., Попов В.Е., Муценко Л.П. Новое оборуд. для подготовки к сварке неповоротных стыков трубопроводов АЭС. // Автомат. сварка. – 2019. – № 3. – С. 64-67.

30. Лобанов Л.М., Махлин Н.М., Водолазский В.Е., Смоляков В.К., Муценко Л.П., Попов В.Е., Олияненко Д.С. Процессы и оборудование для подготовки к сварке неповоротных стыков трубопроводов. Ч. 4. // Сварщик. – 2018. – № 3. – С. 6-14.

31. Патон Б.Е., Богдановский В.А., Васильев В.В., Даниляк С.Н. Электрон. тренажер. системы в сварке. // Автомат. сварка. – 1988. – № 5. – С. 45-48.

32. Васильев В.В., Богдановский В.А., Даниляк С.Н. Искровой тренажер сварщика ИТС-01. // Электронное моделирование. – 1988. – Т. 11 – № 1. – С. 43-45.

33. Васильев В.В., Даниляк С.Н., Богдановский В.А. и др. Электронные тренажеры для обучения технике сварки. // Свароч. пр-во. – 1990. – № 6. – С. 30-32.

34. Патон Б.Е., Коротынский А.Е., Богдановский В.А. и др. Информац. технологии при подготовке сварщиков и спец. сварочн. произв-а: современ. тенденции. // Сварка и Диагностика. – 2010. – № 1. – С. 10-15.

35. Кайтель С., Аренс К. Образование и подготовка специалистов в области сварки и испытания материалов. // Автомат. сварка. – 2008. – № 11. – С. 204-207.

36. Васильев В.В., Ткаченко В.В. Построение универсальных сварочных тренажерных систем. // К.: ИПМЭ АН УССР. – 1990. – 14 с.

37. Патон Б.Е., Коротынский А.Е., Богданов-

ский В.А. и др. Информац. технологии при подготовке сварщиков и спец. свар. произв.: методология и технич. средства. // Сварка и Диагностика. – 2010. – № 3. – С. 37-44.

38. Лобанов Л.М., Коротынский А.Е., Махлин Н.М., Водолазский В.Е., Буряк В.Ю., Сипаренко А.Г., Попов В.Е., Олияненко Д.С. Применение информационных технологий при подготовке сварочного персонала. Методология и технические средства. // Сварщик. – 2018. – № 3. – С. 30-40.

39. Лобанов Л.М., Коротынский А.Е., Махлин Н.М., Водолазский В.Е., Буряк В.Ю., Сипаренко А.Г., Попов В.Е., Олияненко Д.С. Применение информац. технологий при подготовке сварочного персонала. Опыт применения и перспективы совершенств. // Сварщик. – 2018. – № 4. – С. 22-28.

40. Симак Л.А. Метод автоматич. определ. координат зонда в проводящей среде на основе дифференц. преобраз. // Электронное моделирование. – 1984. – № 6. – С. 90-91.

41. Васильев В.В., Грездов Г.И., Симак Л.А. и др. Моделирование динамических систем: Аспекты мониторинга и обработки сигналов. /Под ред. чл.-корр. НАНУ В.В. Васильева. – К.: НАН Украины, 2002. – 344 с.

42. Патент Украины № 86609. Патон Б.Е., Коротынский А.Е., Богдановский В.А. и др. Способ оценки парамет. движения сварочной дуги в дуговых тренаж. системах. // Оpubл. 25.05.2009. – Бюл. № 10, 2009.

43. Патент Украины № 87395. Лобанов Л.М., Богдановский В.А., Коротынский А.Е. и др. Дуговой тренажер сварщика. // Оpubл. 10.07.2009. – Бюл. № 13, 2009.

44. Патент РФ № 2396158 С2. Патон Б.Е., Коротынский А.Е., Богдановский В.А. и др. Способ определ. парамет. движ. свароч. дуги при тренаже или тестиров. сварщика на дуговых тренажерных системах. // Оpubл. 10.08.2010. – Бюл. № 22, 2010.

45. Патент РФ № 2373040. Лобанов Л.М., Богдановский В.А., Коротынский А.Е. и др. Тренажер для обучения сварщика ручной дуговой сварке плавящимся и неплавящимся электродом / Оpubл. 20.11.2009. – Бюл. № 32, 2009.

46. Лобанов Л.М., Махлин Н.М., Коротынский А.Е., Буряк В.Ю., Сипаренко А.Г. Резистометрич. способ измер. скорости сварки для тренажер. свароч. систем. // Автомат. сварка. – 2018. – № 1. – С. 15-21.

●#1205

Физико-химические исследования материалов в институте электросварки им. Е.О. Патона

И.А. Моссоковская, с. н. с., к. ф. н., ИЭС им. Е.О. Патона НАНУ (Киев)

В статье представлена информация о работе научно-исследовательского отдела № 22 физико-химических исследований материалов института электросварки им. Е.О. Патона НАНУ. Проведен обзор аналитического оборудования отдела и его возможностей, представлены технические возможности таких уникальных приборов, как Gleeble 3800 DSI (США), Оже-микросонд JEOL (Япония), iCAP 6500 DUO фирмы Thermo Fisher Scientific (США). В статье проводится также краткий обзор лабораторий отдела № 22 и их возможностей.

Институт электросварки им. Е.О. Патона НАНУ – крупнейший на постсоветском пространстве, в Европе и один из крупнейших в мире материаловедческий центр, который занимается разработкой новых сварочных материалов, флюсов, порошковых проволок, наплавочных материалов, припоев, конструкционных материалов: высокопрочных сталей общего и специального назначения, сплавов на основе алюминия, титана, никеля и др. для машиностроения, строительных и транспортных конструкций, авиационной и космической техники, защитных, износостойких и жаростойких покрытий, композитных, градиентных и функциональных материалов для электроники, нанотехники и медицины.

В ИЭС проводится изучение физических явлений в перечисленных сварочных процессах, в т. ч. и с использованием физического и математического моделирования, изучение структуры и фазового состава материалов, физико-механических и эксплуатационных свойств, разрабатываются физические методы оценки качества материалов и изделий из них.

Основным исследовательским отделом ИЭС в этой области является отдел физико-химических исследований материалов № 22, который обеспечивает аналитическое и материаловедческое сопровождение технологических работ. Отдел № 22 располагает уникальным современным оборудованием, среди которого, в первую очередь, нужно отметить установку Gleeble 3800 DSI (США); ICP – спектрометр, ICAP 6500 DUO, Thermo Fisher Scientific (США); Оже-микросонд JEOL (Япония). Исследовательские работы выполняются по современным методикам опытными научными сотрудниками, среди которых 4 доктора и 13 кандидатов наук.

Установка «GLEEBLE-3800» (рис. 1) является высокотехнологичным комплексом, позволяющим проводить физическое имитирование процессов сварки, горячей деформации металлов, в т.ч. таких как ковка, прокат, осадка, а также позволяет имитировать термическую обработку металлов с различными скоростями нагрева и охлаждения. Тесты на горячее сжатия и растяжения можно проводить как при неизменном, так и при различных значениях силы во время одного опыта. При этом температуру и скорость нагрева образца можно регулировать в зависимости от задачи исследования. Максимальная кратковременная сила сжатия может составлять 20 метрических т, а сила растяжения 10 метрических т. Максимальная температура процесса при проведении таких опытов может быть равна 2000 °С. Нагревательная система управляется компьютером и позволяет имитировать термические циклы сварки. После имитации характерных режимов сварки, строятся термокинетические диаграммы распада аустенита конструкционной сталей, определяются температуры фазовых превращений, начала формирования феррита, перлита, бейнита и мартенсита, определяется кинетика фазовых превращений и изучаются изменения структуры в эмитированном металле ЗТВ конструкционной стали.



Рис. 1. Установка «Gleeble 3800» DSI (США)

Такие испытания позволяют определить степень деформации в зависимости от приложенной силы. Тесты на горячую деформацию по одному направлению можно проводить на двух разных передвижных блоках. Универсальный блок «Gleeble System» используется для имитации физических процессов в случае «простого» сжатия или растяжения.

Основным прибором аналитической лаборатории является оптический эмиссионный спектрометр с индуктивно-связанной плазмой (далее ICP-спектрометр) iCAP 6500 DUO фирмы Thermo Fisher Scientific (США) (рис. 2), который позволяет проводить аналитические исследования атомного состава широкого спектра неорганических материалов.

Особенностью ICP-спектрометра является его система регистрации двухмерного спектра, сформированного по схеме крестообразной дисперсии Эшелле решетки и малоугловой призмы на компактный полупроводниковый термостабилизированный CID-детектор (Charge Injection Device), охлаждаемый до -48°C с высокими показателями соотношения интенсивностей сигнал-шум. На двухмерном массиве CID-детектора (540×540 пикселей) весь спектр регистрируется в два этапа: отдельно ультракоротковолновый диапазон 166-238 нм и диапазон 210-847 нм.

Для исследований структурно-фазового состава используется Оже-микронд с полевым эмиссионным катодом JAMP-9500F (JEOL Ltd) (рис. 3), который является многофункциональным прибором высокого уровня с высокими техническими характеристиками.

Это не только непревзойденный электронный сканирующий микроскоп с высоким разрешением, но и Оже-спектрометр с выдающимся пространственным разрешением, высокой чувствительностью и энергетическим разрешением на уровне рентген-фотоэлектронной спектроскопии. При-

бор укомплектован энергодисперсионным спектрометром OXFORD EDS INCA Energy 350 для анализа элементов от бериллия до урана. В режиме сканирующего микроскопа разрешительная способность по вторичным электронам доходит до 3,0 нм, диапазон увеличения от 25 до 500 000. Для количественного морфологического анализа структур по их изображению установлено многофункциональное программное обеспечение «Стиман», позволяющее анализировать серию изображений, снятых при разных увеличениях, которые отображают структурные элементы всех размеров от самых маленьких до самых больших. Прибор может анализировать больше 20 морфологических параметров структурных элементов. Прибор обладает детектором обратного рассеивания электронов, который применяется при изучении контраста по атомному номеру при исследовании поверхности образцов.

Диаметр электронного зонда при проведении Оже-анализа – 8 нм, что дает возможность проводить исследования материалов на наноуровне. Высокая энергетическая разделительная способность $\Delta E/E$ от 0,05 до 0,6 % и чувствительность Оже-спектрометра дают возможность проводить качественный и количественный элементный анализы (начиная с Li), а также в большинстве случаев получать информацию и про фазовый состав исследуемых материалов. Прибор укомплектован ионной пушкой с минимальным диаметром ионного зонда до 200 мкм, которая позволяет проводить послойный анализ материалов (в частности многослойные пленки и покрытия), скорость травления при этом может достигать 200 нм/мин. При исследовании непроводящих материалов ионная пушка может работать в режиме нейтрализации заряда. Система безмасляной откачки Оже-микронда обеспечивает в камере анализа вакуум на уровне $5 \cdot 10^{-8}$ Па, а установленный прибор для охлаждения и скалывания



Рис. 2. Установка iCAP 6500 DUO фирмы Thermo Fisher Scientific (США)



Рис. 3. Установка JAMP-9500F (JEOL Ltd)



Рис. 4. Газоанализатор TC-436 (фирма «LECO», США)

дает возможность осуществлять разрушения образцов и исследовать поверхность разрушения в ультравысоком вакууме. Прибор укомплектован гониометрическим объектным столиком, моторизованным по пяти ступеням свободы, который позволяет исследовать образцы большого диаметра до 95 мм, что является важным при исследовании сварных соединений.

В состав отдела № 22 входят также следующие лаборатории:

- Химическая лаборатория в которой имеются по два анализатора углерода и серы (на большие и малые концентрации).
- Лаборатория спектрального анализа, в которой имеется оптический эмиссионный спектрометр SPECTROVAC-1000 DV-4 («BAIRD», Нидерланды), эмиссионный фотоэлектрический вакуумный спектрометр ДФС-51 и дифракционные фотоэлектрические спектрометры («ЛОМО», РФ). Они компьютеризированы, прошли модернизацию и метрологию, обеспечены эталонами.
- Лаборатория анализа газов в металлах. Имеет 4 действующих модернизированных анализатора RO-316, RH-2, TN 114, TC-436 (рис. 4) («LECO», США).

Анализы выполняются в рамках действующих стандартов.

- Металлографическая лаборатория имеет препараторскую и оборудование для подготовки шлифов, световые микроскопы, POLYAR MET, JENAVERT, NEOPHOT-32 (съемка структур ведется цифровыми фотокамерами).

Установку ВДТА для дифференциального термического анализа с рабочей температурой до 1600 °С.

Проводятся работы по изучению и идентифика-



Рис. 5. Растровый электронный микроскоп JSM-840 с системой микроанализа фирмы JEOL (Япония)

ции структуры, фазового состава, и неметаллических включений.

- Лаборатория рентгеноструктурного анализа. Имеет действующую установку ДРОН-3 УМ-7, модернизированную и компьютеризированную.
- Лаборатория электронной микроскопии имеет 3 действующих растровых электронных микроскопа с энергодисперсионными анализаторами: T-2000 JEOL (Япония), JSM-840 (с системой JEOL) (рис. 5), SEM-515 («Phillips», Нидерланды), два просвечивающих электронных микроскопа 200 kV JEM-200-CX JEOL (Япония) и 120 kV EM-400 («Phillips», Нидерланды).

Установки для препарирования и подготовки образцов, включая ионную очистку и утоншение.

Исследования поверхности и тонких пленок осуществляется на установке LAS-2000 («Рибер», Франция) с Оже-спектрометром, масспектрометром и фотоэлектронным спектрометром.

Центр коллективного пользования и лаборатории отдела № 22 на договорных началах выполняют работы для отделов ИЭС им. Е.О. Патона, др. институтов НАНУ, а также для внешних заказчиков.

Сайт, где размещена информация про наш центр: <http://paton.kiev.ua>.

●#1206

Механизация как средство расширения возможностей выполнения сварочных операций*

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

Под механизацией производственного процесса понимают замену в нем ручного труда работой машин [1].

При механизированном исполнении операций производственного процесса человек выполняет ручные вспомогательные приемы и управляет машиной. Высшей ступенью механизации является автоматизация, включая, роботизацию, при которой участие человека в выполнении вспомогательных приемов и управление машиной исключается.

Механизация (автоматизация) может быть частичной (локальной), распространяющейся на отдельные операции производственного процесса, и комплексной, охватывающей ряд последовательных операций по изготовлению деталей, комплекта или изделия, включая межоперационный транспорт.

Одной из основных задач локальной механизации сварочной операции является повышение производительности труда, т. е. сокращения затрат на ее выполнение. При этом следует подчеркнуть, что поскольку сварочные операции составляют только 15-20 % общей трудоемкости изготовления сварных конструкций, сокращение затрат на собственно сварочные операции даже на 50 % даст сокращение общей трудоемкости изготовления сварного изделия не более чем на 10 %. Поэтому важнейшей составляющей задачи механизации процесса сварки является улучшение качества сварных швов и сварных соединений в целом (снижение количества дефектов в швах, повышение точности металлоконструкции, улучшение ее служебных характеристик).

Немаловажное значение имеет механизация и в части улучшения условий труда работающих за счет удаления человека из зоны с максимально вредными факторами различного рода (инфракрасного и ультрафиолетового излучения, электромагнитного поля, повышенного уровня шума, вибрации и др.).

Все упомянутые выше составляющие (производительность, качество, условия труда) должны учитываться при выборе средств локальной и комплексной механизации производственных процессов.

Многолетний производственный опыт показывает, что возможности дуговой сварки, выполняемой полуавтоматами, тракторами, сварочными головка-

ми расширяются за счет применения механического сварочного оборудования различного назначения [2].

В настоящей статье освещен опыт НПФ «ВИСП» последних лет по созданию и внедрению механического сварочного оборудования, станков и установок на его основе в сварочное производство.

Механическое сварочное оборудование (МСО) – это технологическое оборудование, обеспечивающее необходимое для сварки положение свариваемого изделия и сварочного инструмента, а также осуществляющее перемещение в процессе сварки [3]. Оно делится на две группы:

- оборудование для установки и перемещение свариваемых изделий (универсальные вращатели, вращатели горизонтальные, вертикальные и роликовые, кантователи, столы сварщика);
- оборудование для установки и перемещения сварочных аппаратов (порталы, сварочные колонны) и сварщиков (площадки сварщиков и др.).

Проектирование и изготовление основных типов МСО регламентируется государственными стандартами Украины, разработанными с участием сотрудников НПФ «ВИСП», в т. ч.:

- ДСТУ 2750-94. Оборудование сварочное механическое. Общие технические условия;
- ДСТУ 2594-94. Вращатели сварочные универсальные. Типы, основные параметры и размеры;
- ДСТУ 2593-94. Вращатели сварочные горизонтальные двухстоечные. Типы, основные параметры и размеры;
- ДСТУ 2875-94. Вращатели сварочные роликовые. Типы, основные параметры и размеры;
- ДСТУ 2100-92. Вращатели сварочные с программным управлением. Типы, основные параметры. Общие технические требования;
- ДСТУ 3341-96. Кантователи сварочные. Типы, основные параметры и размеры;
- ДСТУ 2877-94. Колонны для сварочных автоматов. Типы, основные параметры и размеры;
- ДСТУ 3309-96. Манипуляторы для контактной точечной сварки. Общие технические условия;
- ДСТУ 3072-95. Манипуляторы для контактной точечной сварки. Типы, основные параметры и размеры;
- ДСТУ 3318-96. Оборудование для сварки кольце-

* Посвящается памяти Владимира Григорьевича Фартушного (1938-2018 гг.), Президента общества сварщиков Украины (1995-2018 гг.), директора ВИСП и УкрИСП (1980–2004 гг.)

- вых швов. Типы, основные параметры и размеры;
- ДСТУ 3319-96. Оборудование для наплавки поверхностей вращения.

Универсальные сварочные вращатели. Универсальные вращатели являются наиболее распространенным типом МСО.

Определяющими параметрами универсальных вращателей является грузоподъемность G , крутящий момент относительно оси вращения планшайбы M_1 , крутящий момент относительно оси наклона планшайбы M_2 (рис. 1).

Выбор максимальных крутящих моментов для универсальных вращателей наибольшей заданной грузоподъемности является с точки зрения эффективности их последующей эксплуатации важным этапом при создании новых моделей.

Крутящий момент относительно оси вращения планшайбы M_1 связан с грузоподъемностью G следующим соотношением: $M_1 = G \cdot l$, где l – расстояние от центра тяжести до оси вращения (рис. 1, а).

Крутящий момент относительно оси наклона планшайбы M_2 можно представить так: $M_2 = G \cdot H = G(h_1 + h_2)$, где H – расстояние от центра тяжести до оси наклона планшайбы; h_1 – расстояние от опорной плоскости планшайбы до оси ее наклона; h_2 – высота расположения центра тяжести над опорной плоскостью планшайбы (рис. 1, б).

На основании анализа экономических, технических (включая изучение типовых особенностей сварных конструкций на 26 машиностроительных заводах) и статистических данных производства и длительной эксплуатации серийно выпускаемых моделей универсальных вращателей, определен ряд оптимальных значений наибольшей грузоподъемности и крутящих моментов вращателей (табл. 1) [4].

Проведен также анализ влияния маршевых скоростей вращения и наклона универсальных вращателей на повышение производительности труда при выполнении операций сварки металлоконструкций. Установлено, что при двукратном увеличении маршевых скоростей перемещения рабочих органов производительность труда возрастает на 3-9 %, а при пятикратном – на 18 %.

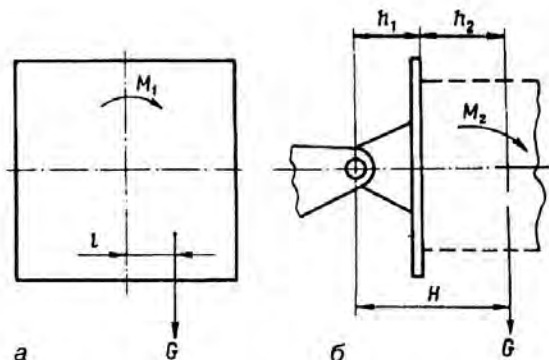


Рис. 1. Схема определения крутящих моментов относительно оси вращения (а) и оси наклона (б) планшайбы

Таблица 1. Ряд оптимальных значений наибольшей грузоподъемности и крутящих моментов вращателей *

Наибольшая грузоподъемность G_n , кг	Крутящий момент относительно оси вращения, Н·м		Крутящий момент относительно оси наклона, Н·м	
	$M_1^в$	$M_1^н$	$M_2^в$	$M_2^н$
25	11,7	7,8	29,2	19,5
40	21,5	14,3	53,7	35,8
63	40,0	26,7	100	67
80	55,1	26,7	138	167
125	100	37	250	167
250	251	167	627	415
400	470	315	1175	775
800	1188	792	2970	1960
1000	1600	1065	4000	2640
1250	2155	1435	5390	3560
2000	4030	2690	10075	6650
3150	7310	4870	18476	12200
4000	10160	6770	25400	16760
8000	25600	17070	64000	42240
12500	46416	30950	116040	76590
25000	116960	77970	292400	193000

*Примечание: индекс «в» – верхнее значение, «н» – нижнее

Базовой моделью универсального вращателя, выпускаемого НПФ «ВИСП», является вращатель грузоподъемностью 200 кг (рис. 2), который используется как в виде отдельного оборудования, так и в качестве модуля, встроенного в сварочные станки и установки.

По требованию заказчиков НПФ «ВИСП» проектирует и изготавливает универсальные вращатели любой грузоподъемности, приведенной в табл. 1.

Для комплектования робототехнологических комплексов создана гамма манипуляторов изделия с программным управлением грузоподъемностью до 160, 400, 800, 1000 и 2000 кг (рис. 3).



Рис. 2. Общий вид универсального вращателя грузоподъемностью 200 кг

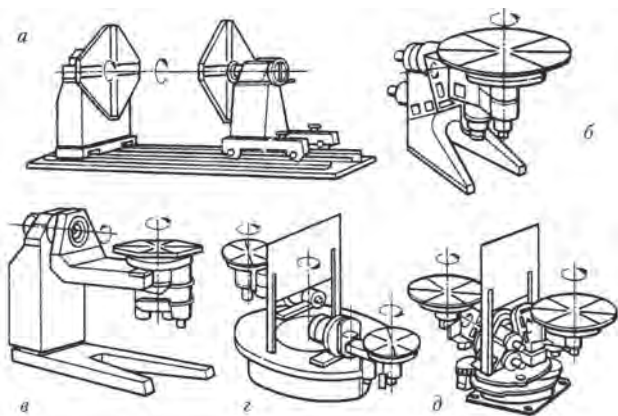


Рис. 3. Манипуляторы изделия с программным управлением для оснащения робототехнологического комплекса для дуговой сварки: а – сварочные горизонтальные двухстоечные вращатели - 402М и М150530; б, в – сварочные универсальные вращатели - М150400 и М150500; г, д – сварочные универсальные двухпозиционные вращатели - М150310 и М150410

При проектировании манипуляторов использован принцип создания их на базе унифицированных узлов (модулей). Разработаны модули различной грузоподъемности. Каждый из них снабжен двигателем, тормозом, токосъёмником и датчиком положения.

Кинематическая цепь модуля вращения включает волновую передачу, связанную со шпинделем зубчатым зацеплением с устройством для выбора зазора. Это обеспечивает высокую точность позиционирования, плавность работы и высокий КПД механизмов.

Для управления манипуляторами изделия можно применять как системы управления манипулятором инструмента, так и индивидуальную систему. Это дает возможность комплектовать этими манипуля-

торами самые различные комплексы, использующие достаточно широкий спектр систем управления, и применять их индивидуально, при выполнении не только сварочных операций, но и газотермического напыления, упрочнения, резки и др.

Кантователи с подъемными центрами. При наличии многочисленных конструкций кантователей наиболее широкое применение находят двухстоечные центровые [3]. Особым преимуществом обладают двухстоечные кантователи с подъемными центрами. Наличие в этих кантователях подъемного механизма существенно расширяет их эксплуатационные возможности и повышает универсальность, т. к. позволяет сваривать крупногабаритные изделия в удобном для сварщиков положении на доступной высоте. Особенно это относится к рамным конструкциям с сильно развитым поперечным габаритом. Для поворота таких изделий на ребро высота центров должна быть достаточно большой, чтобы не упереться в пол. Однако работать сварщику на такой высоте неудобно, а иногда и недопустимо по правилам техники безопасности. В кантователях с подъемными центрами этот недостаток отсутствует, т. к. изделие поднимается на большую высоту лишь на время его поворота, а для сварки, укладки и съема опускается вниз, в удобное для обслуживания положение.

Одной из последних разработок НПФ «ВИСП» является кантователь с подъемными центрами ВСГ-3-1000 грузоподъемностью 10 т, созданный по заказу Кременчугского завода дорожных машин (рис. 4). По отзывам производителей кантова-

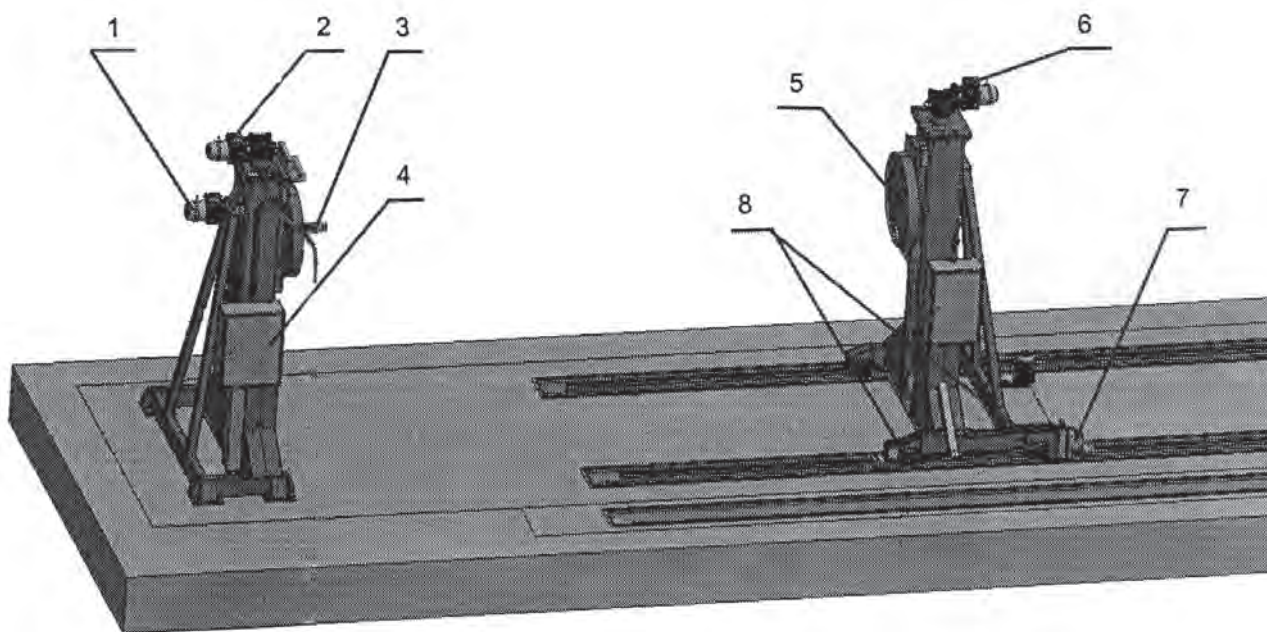


Рис. 4. Внешний вид кантователя грузоподъемностью 10 т: 1 – привод поворотного механизма; 2 – привод вертикального перемещения поворотного механизма неподвижной колонны; 3 – ведущий поворотный механизм; 4 – пульт управления; 5 – ведомый поворотный механизм; 6 – привод вертикального перемещения поворотного механизма подвижной колонны; 7 – механизм фиксации колонны; 8 – ролики

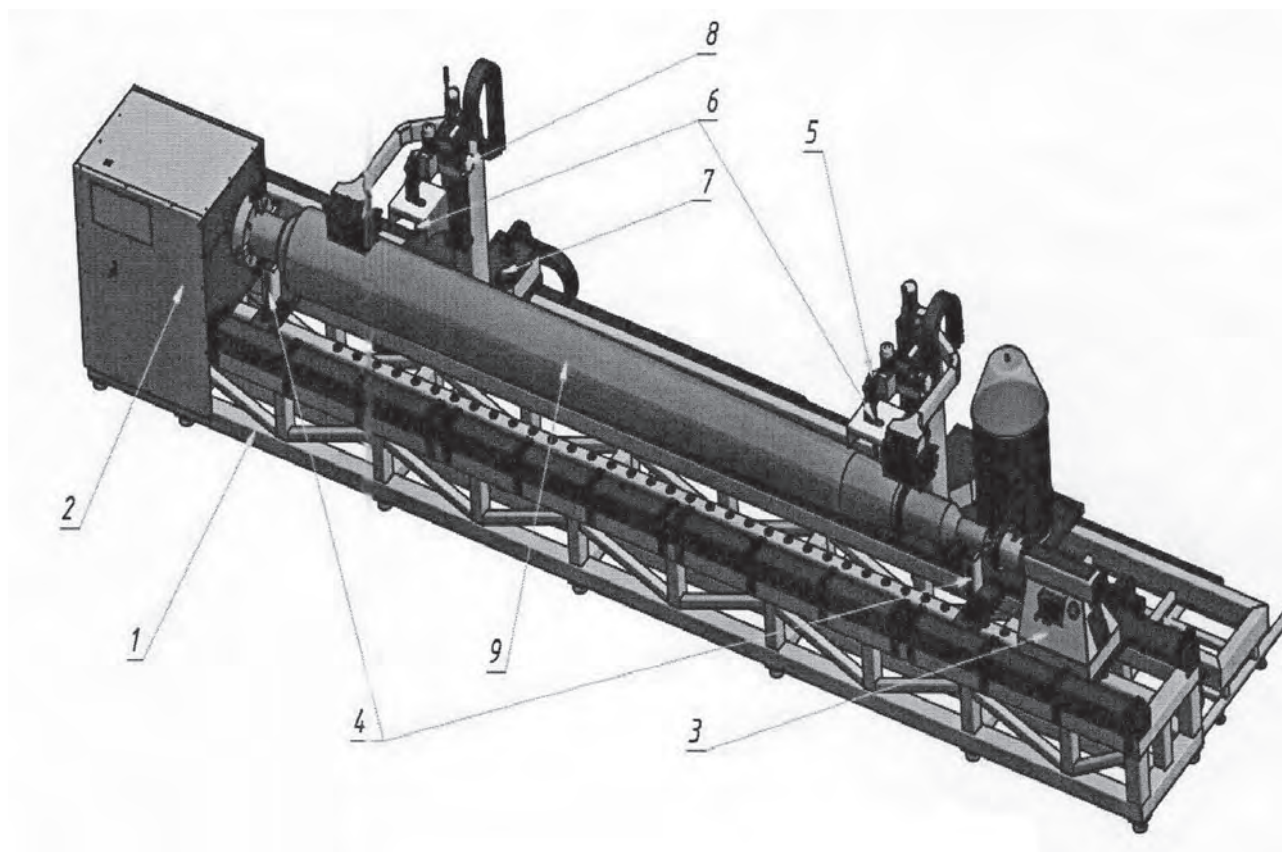


Рис. 5. Внешний вид установки для наплавки: 1 – каркас; 2 – передняя бабка; 3 – задняя бабка; 4 – ловители; 5 – механизм подачи проволоки; 6 – горелка; 7 – привод горизонтального перемещения; 8 – привод вертикального перемещения; 9 – наплавляемая деталь

тель позволил повысить почти на 20 % производительность, улучшить условия труда сварщиков и стабильность качества сварных швов.

Станки и установки для дуговой наплавки деталей типа тел вращения. НПФ «ВИСП» накопил большой опыт по созданию и изготовлению установок для дуговой восстановительной наплавки и сварки деталей типа тел вращения, соответствующих ДСТУ 3318-96 и ДСТУ 3319-96. Второй год на одном из предприятий компании «Метинвест» (Мариуполь) эксплуатируется комплект оборудования с программным управлением типа АС-354-7000-2 для автоматической дуговой наплавки валков прокатных станов (рис. 5). Размеры наплавляемых деталей: длина – 3500-6000 мм, диаметр – 100-660 мм.

В качестве способов наплавки могут использоваться MIG/MAG, FCAW-G. Процесс наплавки осуществляется одновременно двумя головками в автоматическом режиме. Предусмотрено автономное охлаждение горелок.

Точное позиционирование деталей относительно центров при их установке осуществляется посредством двух гидравлических цилиндров с подъемной силой 75 кН каждый. Управление работой комплекса осуществляется с выносных пультов управления, основного дисплея управления и органов управления гидравликой, располо-

женных на задней бабке.

В заключение следует отметить, что производственная практика последних лет подтверждает актуальность использования различных средств механизации сварочных работ не только в части повышения производительности, но особенно для улучшения условий труда, стабилизации качества сварных соединений и наплавки, а также своевременному выполнению контрактов.

Литература

1. Севбо П.И. Комплексная механизация и автоматизация сварочного производства. – К.: Техника, 1974. – 416 с.
2. Чвертко А.И., Бельфор М.Г., Лашенко Г.И. Комплексные рабочие места и участки для механизированной и автоматической дуговой сварки. // Автомат. сварка. – 1988. – № 4. – С. 39-44.
3. Фаргушный В.Г., Лашенко Г.И., Никитюк Ю.А. Оборудование для сварки, наплавки, плазменного упрочнения и напыления. Каталог-справочник. – К.: Экотехнология, 2002. – 60 с.
4. Лашенко Г.И. Оптимизация параметров механического сварочного оборудования. // Автомат. сварка. – 1999. – № 7. – С. 49-52.

●#1207

Газокислородный резак РГКМ-1-SR для прецизионной резки листа

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

Для фигурной вырезки малых партий деталей небольших размеров, не требующих высокой точности изготовления, используются шарнирные машины АСП-70. Для прямолинейной резки листа и снятия фасок под сварку как на раскройных столах, так и монтажной площадке, используются переносные машины типа «Радуга». Указанное оборудование укомплектовано машинными газокислородными резаками РМ-2 или более поздними их вариантами, аналогичными по техническим характеристикам и габаритным размерам.

По качеству поверхности реза резаки РМ-2 и их аналоги имеют следующие недостатки:

1. Мощный факел подогревающего пламени, оптимальный для толщины листа 100 мм, но явно избыточный для листа толщиной 10 или 20 мм.
2. Науглероживающее пламя резака содержит избыток горючего газа, поэтому температура по длине его факела низкая. Участок с температурой выше 2000°C короткий.
3. Большое пятно нагрева листа.
4. Длительный нагрев листа до температуры воспламенения в струе кислорода.

Поверхность реза, выполненная резаками РМ-2, характеризуется наличием:

- повышенной ширины реза и большой зоны термического влияния, вследствие большого пятна нагрева;
- повышенного оплавления верхней кромки реза на листах малых толщин, вследствие использования факела большей мощности, чем требуется;
- большей шириной реза на нижней кромке листа, чем ширина реза на верхней кромке. Это объясняется тем, что давление на входе в режущий канал внутреннего мундштука значительно выше критического давления и угол раскрытия режущей струи кислорода достаточно велик.

Перечисленные выше признаки мало влияют на эксплуатационные свойства вырезаемых деталей, однако значительно ухудшают их товарный вид. Резак РМ-2 рассчитан на расходы подогревающего кислорода и горючего газа большие, чем это необходимо для резки листа конкретной толщины, что снижает экономичность процесса резки.

Сотрудниками ООО «НИИПТмаш-Опытный завод» разработан газокислородный резак РГКМ-1-SR для переносных и шарнирных машин, позволяющий повысить качество поверхности реза и улучшить

шить технико-экономические показатели процесса резки. Были проведены масштабные эксперименты в цехах ЧАО «НКМЗ» по определению его преимуществ по сравнению с использовавшимся ранее резаком РМ-2.

Все детали резака РГКМ-1-SR оригинальны, но его внутренние и наружные мундштуки, а также инжектор можно устанавливать на действующие резаки РМ-2 или их модификации, и они при этом приобретают все свойства резака РГКМ-1-SR. Это сделано для того, чтобы сохранить существующий на предприятиях парк резаков и создать благоприятные условия для внедрения нового оборудования.

У резака РМ-2 рабочая полость между внутренним и наружным мундштуками разбита на два участка: коллектор, в котором поток газовой смеси равномерно перераспределяется по окружности коаксиально каналу для режущего кислорода, и выходные каналы (кольцевая щель, или отверстия различной конфигурации), расположенные вокруг канала для режущего кислорода. В выходных каналах поток газокислородной смеси разгоняется до скорости, близкой к скорости горения этой смеси. Разогнать поток до более высоких скоростей не представляется возможным, т.к. нарушается главное условие стабильной работы резака: скорость истечения горючей смеси должна быть близка к скорости горения этой смеси, иначе пламя оторвет от резака.

У резака РГКМ-1-SR рабочая полость между внутренним и наружным мундштуками разбита на четыре участка: коллектор, разгонный участок с коаксиально расположенными шлицами, участок в виде радиальной кольцевой щели и участок с кольцевым выходным каналом. Поток горючей смеси разгоняется в шлицах внутреннего мундштука до скорости, превышающей скорость горения этой смеси, затем на участке радиальной кольцевой щели разбивается на две части: высокоскоростной основной поток, горящий на расстоянии от торца мундштука, и вспомогательный поток с низкой скоростью, привязывающий основной поток к торцу мундштука и определяющий стабильную работу резака. Это техническое решение защищено патентом [1] и описано в книге [2].

Еще одной особенностью резака РГКМ-1-SR является то, что весь диапазон разрезаемых толщин листа от 3 до 100 мм разбит на 8 участков и для каждого из них рассчитаны внутренний и наружный мундштуки.

Таблица 1. Технические характеристики резака РГКМ-1-SR

Толщина металла, мм		3 - 6	6 - 10	10-20	20 -30	30-45	45-60	60-80	80-100
Давление, МПа	кислород	0,3		0,4		0,45		0,5	
	природный газ пропан-бутан	0,01-0,1							
Расход, м³/ч	кислород,	2,5	4,1	4,9	5,8	8,6	9,5	11,5	14
	природный газ	0,7	0,9	0,95	1,0	1,0	1,2	1,3	1,4
	пропан-бутан	0,3	0,4	0,44	0,46	0,5	0,5	0,55	0,6
Масса, не более, кг		1,0							
Длина, не более, мм		350							

Каждый из восьми внутренних мундштуков имеет свою оптимальную мощность пламени. Давление режущего кислорода перед внутренним мундштуком имеет значение, близкое к критическому, т.е. поток режущей струи разгоняется до скорости звука без значительного расширения. Все сопла обеспечивают инжекцию резака в безопасном интервале (0,03 – 0,06 МПа).

Опытно – промышленные испытания резака РГКМ-1-SR совместно с резаком РМ-2 на шарнирной машине АСП-70 и переносной машине «Радуга» в цехах ЧАО «НКМЗ» подтвердили результаты экспериментов и позволили сделать следующие выводы:

- уменьшились ширина реза и зона термического влияния, вследствие уменьшения пятна нагрева;
- уменьшилось оплавление верхней кромки реза на листах всех толщин;
- ширина реза на нижней кромке равна ширине реза на верхней кромке.

Другими словами, повысилось качество поверхности реза и улучшился товарный вид вырезаемых деталей. Во многих случаях это позволило исключить операцию последующей механообработки.

Резак машинный, газокислородный, инжекторный РГКМ-1-SR предназначен для разделительной резки листового металла из углеродистых и низколегированных сталей толщиной до 100 мм в составе кислородных машин для термической резки.

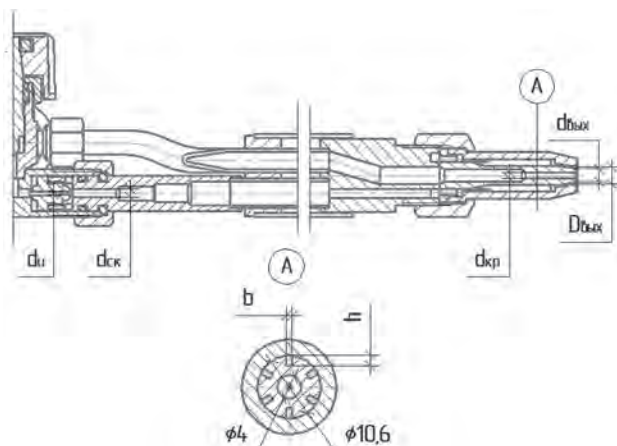


Рис. 1. Принципиальная схема машинного резака РГКМ-1-SR

Применяемый горючий газ: пропан-бутан, природный газ.

Технические характеристики резака РГКМ-1-SR представлены в табл. 1.

Расчет резака заключается в определении размеров основных каналов инжектора ($d_{и}$), смесительной камеры ($d_{ск}$), мундштука внутреннего ($d_{кр}$ и $d_{вых}$), мундштука наружного ($D_{вых}$) и разгонного участка (b, h).

Принципиальная схема резака, необходимая для его расчета, представлена на рис. 1.

Проверка расчета производится по определенным соотношениям между площадями поперечного сечения каналов инжектора ($F_{и}$), смесительной камеры ($F_{ск}$), шлицевого разгонного участка ($F_{шл}$) и кольцевого выходного участка ($F_{вых}$), которые получены эмпирическим путем и приведены в табл. 2.

Результаты расчета использованы при проектировании деталей резака и указаны в чертежах.

Газокислородный резак для механизированной прецизионной резки листового металлопроката РГКМ-1-SR состоит из двух основных узлов: ствола и наконечника. Внешний вид резака представлен на рис. 2.

Ствол резака включает в себя три вентиля: кислорода режущего, кислорода подогревающего и горючего газа. На входе в ствол расположены три штуцера с накидными гайками М12х1,25 и ниппелями Ду 6 для подвода к резаку режущего и подогревающего кислорода, и горючего газа.

В состав наконечника входит кожух диаметром 28 мм с зубчатой рейкой, головка с наружным и

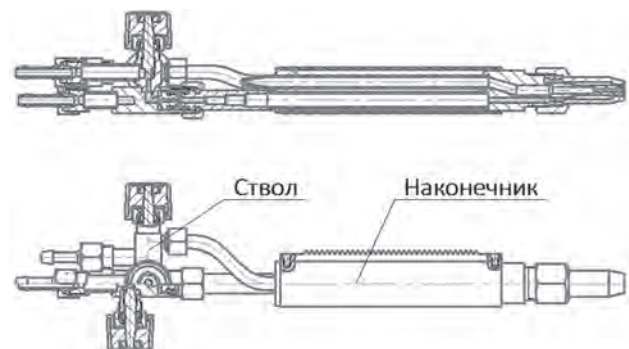


Рис. 2. Газокислородный резак РГКМ-1-SR

Таблица 2. Эмпирические зависимости между площадями поперечного сечения расчетных каналов резака для проверки его работоспособности

№ внутреннего мундштука	Толщина заготовки, мм	Площадь сечения рабочих отверстий, мм²					$F_{\text{вых}}/F_{\text{ск}}$	$F_{\text{шл}}/F_{\text{вых}}$	$F_{\text{ск}}/F_{\text{и}}$	$F_{\text{вых}}/F_{\text{и}}$	
		$F_{\text{кр}}$	$F_{\text{и}}$	$F_{\text{ск}}$	$F_{\text{вых}}$	$F_{\text{шл}}$					
1	3 - 6	0,28	1,131	5,723	7,277	10,8	1,27	1,48	5,06	6,44	
2	6 - 10	0,50									
3	10 - 20	0,78									
4	20 - 30	0,95			8,007	12,0	1,39	1,50		7,08	
5	30 - 45	1,13									
6	45 - 60	1,33									
7	60 - 80	1,77			8,7	13,2	1,52	1,52		7,71	
8	80-100	2,54									

внутренним мундштуками и смесительный узел.

При открывании вентиля КП подогревающий кислород поступает в инжектор, разгоняется в его дозирующем отверстии и попадает в цилиндрическую часть отверстия смесительной камеры. При этом в полости между инжектором и смесительной камерой образуется разрежение, куда при открывании вентиля поступает горючий газ. Горючий газ, увлекаемый струей подогревающего кислорода, также поступает в цилиндрическую часть смесительной камеры, где образуется горючая смесь за счет выравнивания скоростей различных потоков. Далее горючая смесь поступает в диффузор смесительной камеры, где окончательно перемешивается за счет ее торможения. По трубке между смесительной камерой и головкой горючая смесь поступает в полость между головкой и внутренним мундштуком, где перераспределяется по окружности и попадает в шлицы разгонного участка, затем, проскакивая радиальную щель, через кольцевой выходной канал поступает в зону горения, образуя основной факел с высокой скоростью потоков. Периферийная часть горючей смеси в радиальной щели тормозится и в выходном кольцевом канале перераспределяется между высокоскоростными струями, образуя дополнительный факел с низкой скоростью потоков достаточной для надежной привязки суммарного факела к торцу мундштука.

При открывании вентиля КР режущий кислород поступает в центральный канал внутреннего мундштука, где формируется режущая кислородная струя, которая, соприкасаясь с нагретым до температуры воспламенения участком заготовки, вступает в реакцию горения металла и образует полость реза.

Перед началом работы необходимо осмотреть резак и убедиться в его исправности. Проверить герметичность присоединения рукавов, всех разъемных и неразъемных соединений. Установить наличие инжекции в канале горючего газа. Установить редукторами рабочее давление газов в соответствии с данными табл. 1.

Открыть на 1/10 оборота вентиль подогревающего кислорода и на 1/5 оборота вентиль горюче-

го газа, зажечь горючую смесь. Поочередно добавляя кислород и горючий газ установить требуемую мощность и состав пламени. Периодически, по мере нагрева мундштуков или изменения давления газов, корректировать состав пламени.

После окончания работы необходимо погасить пламя, перекрыв вентили резака, сначала горючий газ, а затем кислород. Закрыть вентили (а также редукторы при их наличии) системы газопитания. После этого стравить остатки газа и кислорода в атмосферу и закрыть вентили резака.

Наконечник (рис. 3) состоит из головки 4 с внутренним 1 и наружным 2 мундштуками, поджатыми к торцевой части головки с помощью накидной гайки 3. Уплотнение между мундштуками и головкой происходит по притертым плоскостям.

С другой стороны к головке 4 припаяны трубки для подвода режущего кислорода 6 и горючей смеси 7. На трубку 6 надета накидная гайка 8 и ее конец со стороны гайки развальцован для уплотнения наконечника со стволом. К трубке 7 припаяна смесительная камера 14 с инжектором 10 и накидной гайкой 9. В двух кольцевых проточках смесительной камеры размещены кольцо упорное 12 и кольцо уплотнительное 11.

Коллектор 13 фиксирует трубки 6 и 7 в их хвостовой части. На головку 4 и коллектор 13 надет кожух 5, к которому с помощью двух винтов 16 прикреплен зубчатая рейка 15.

Чертежи основных деталей резака РГКМ-1-SR, имеющих расчетные каналы, представлены на рис. 4 – 10.

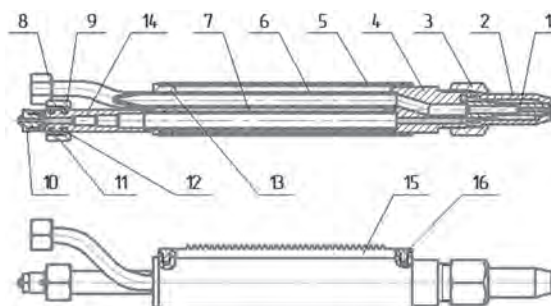


Рис. 3. Наконечник резака РГКМ-1-SR

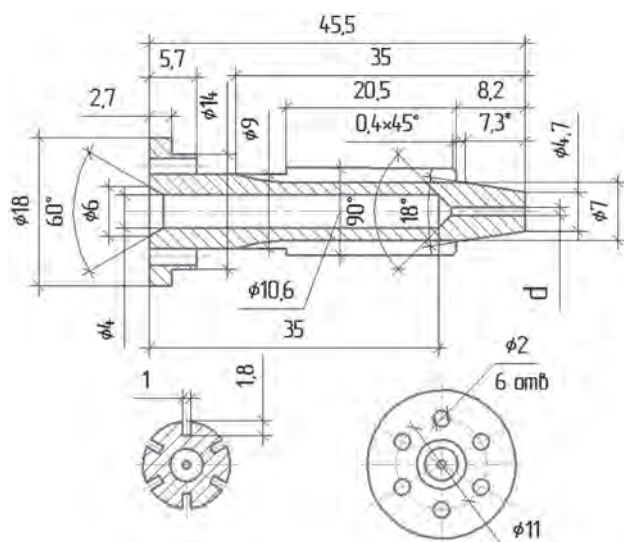


Рис. 4. Мундштук внутренний № 1 – 3

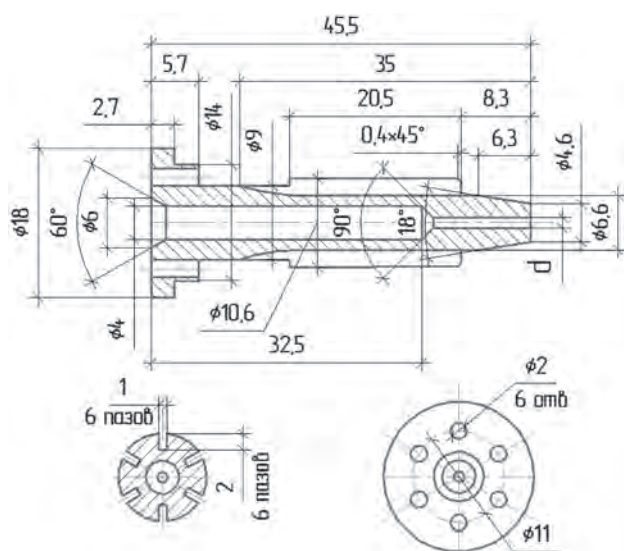


Рис. 5. Мундштук внутренний № 4 - 6

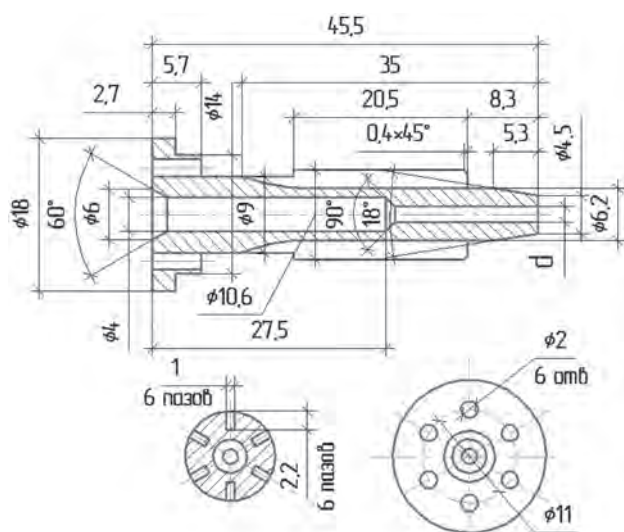


Рис. 6. Мундштук внутренний № 7 – 8

Таблица 3. Численные значения диаметра d центрального канала внутренних мундштуков №№ 1 - 8

Номер внутреннего мундштука	Толщина заготовки, мм	d , мм	Кол-во, шт.
1	3 - 6	0,6	1
2	6 - 10	0,8	1
3	10 - 20	1,0	1
4	20 - 30	1,1	1
5	30 - 45	1,2	1
6	45 - 60	1,3	1
7	60 - 80	1,5	1
8	60 - 100	1,8	1

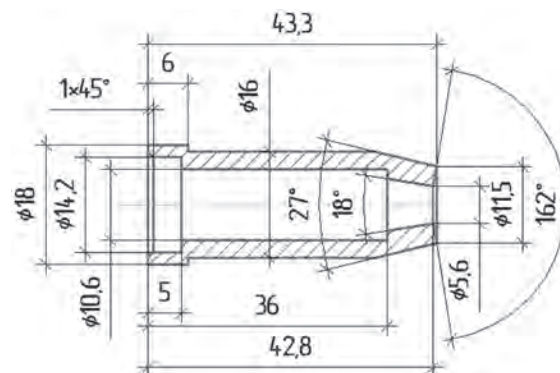


Рис. 7. Мундштук наружный

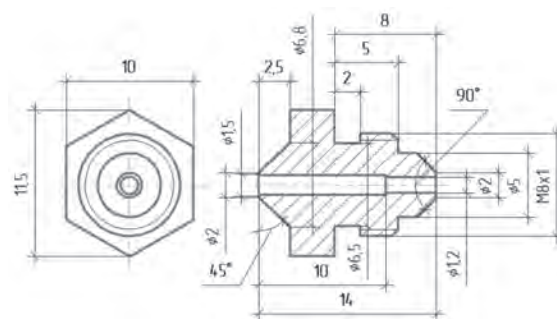


Рис. 8. Инжектор № 7

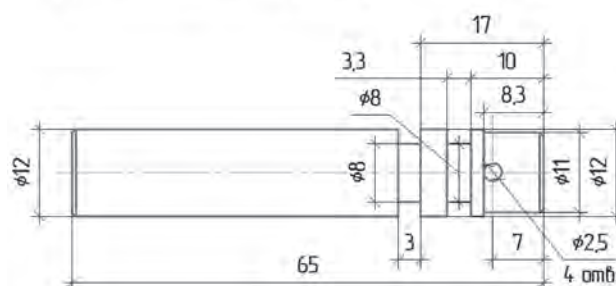
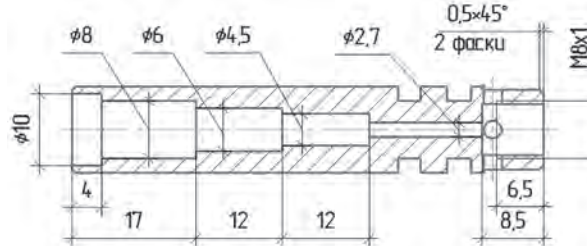


Рис. 9. Смесительная камера

Численные значения диаметра (d) центрального канала внутренних мундштуков №№ 1 - 8 представлены в табл. 3.

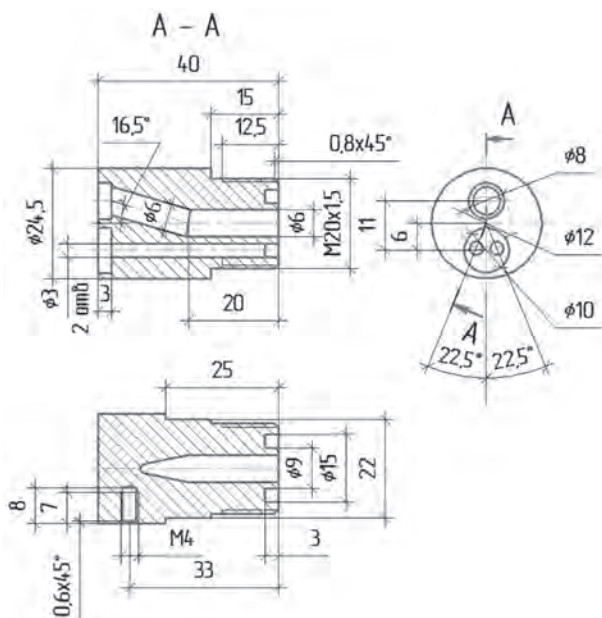


Рис. 10. Головка резака РГКМ-1-SR

Ствол резака (рис. 11) предназначен для подсоединения резака к источникам энергоносителей с помощью резиноканевых рукавов и управления их потоками внутри резака с помощью вентилях (пуск, регулирование и прекращение подачи режущего кислорода, подогревающего кислорода и горючего газа).

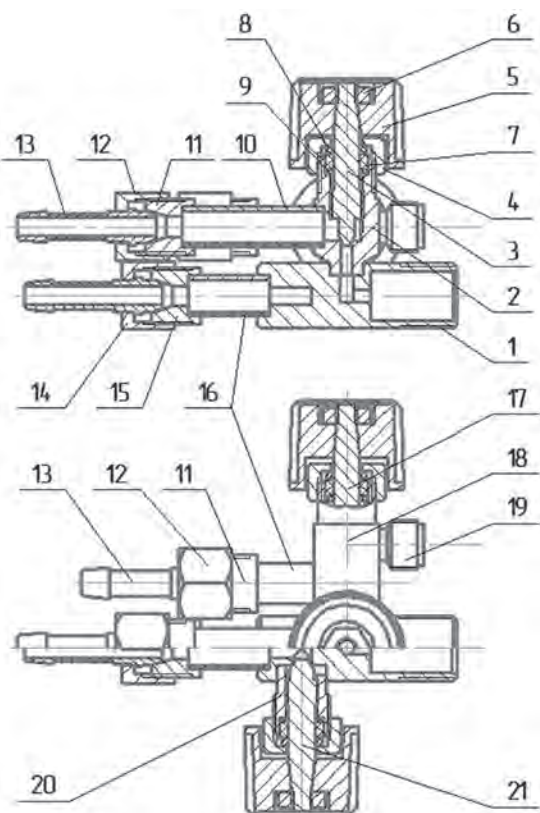


Рис. 11. Ствол резака РГКМ-1-SR

Ствол состоит из главного корпуса 1, к которому соосно припаяна трубка для подвода горючего газа 16 со штуцером 15, накидной гайкой 14 и ниппелем 13. К главному корпусу перпендикулярно его продольной оси припаян корпус вентиля подогревающего кислорода 2, к которому припаяна трубка для подачи подогревающего кислорода 10 со штуцером 11, накидной гайкой 12 и ниппелем 13. В главный корпус перпендикулярно его продольной оси и под углом 90° к продольной оси корпуса вентиля подогревающего кислорода впаивают корпус вентиля горючего газа 20.

К корпусу вентиля подогревающего кислорода 2 перпендикулярно к его продольной оси и к продольной оси главного корпуса 1 своей глухой торцевой частью припаян корпус вентиля режущего кислорода 18. Корпуса вентилях режущего и подогревающего кислорода функционально не связаны друг с другом и образуют неразъемное соединение с целью повысить жесткость конструкции.

К корпусу вентиля режущего кислорода со стороны наконечника припаян штуцер 19 для присоединения наконечника к стволу. С противоположной стороны к нему припаяна трубка 16 со штуцером 11, накидной гайкой 12 и ниппелем 13.

В корпусах вентилях ввернуты шпиндели подогревающего 3 и режущего 17 кислорода, и горючего газа 21.

Сальниковая группа всех трех вентилях взаимозаменяема, она состоит из сальниковой гайки 4, кольца уплотнительного 7 и двух шайб 8 и 9. Барашки 5 всех трех вентилях закреплены на шпинделях с помощью гайки 6.

Ключевые операции кислородной резки листа (пробивка отверстий и врезание с кромки) представлены на рис. 12. Процессы врезания и пробивки отверстий происходят спокойно, без выбросов шлака в сторону резака. Отсутствуют подрезы и замяты в местах врезания и пробивки отверстий. Качество поверхности реза хорошее, радиус оплавления верхней кромки реза заметно меньше допустимого значения. Повышенное выделение дыма отсутствует. Цвета побежалости на нижней поверхности вырезанной детали имеют незначительную ши-



Рис. 12. Вырезка деталей из листа толщиной 16 мм



Рис. 13. Одновременная резка листа двумя резаками. РМ-2 слева, РГКМ-1-SR справа. Пробивка отверстий



Рис. 14. Одновременная резка листа двумя резаками. РМ-2 слева, РГКМ-1-SR справа. Процесс врезания в заготовку с кромки листа



Рис. 15. Стенд для снятия фасок под сварку. Резка производится снизу - вверх под углом 60° к горизонтали. Факел резака РГКМ-1-SR



Рис. 16. Стенд для снятия фасок под сварку. Резка производится снизу - вверх под углом 60° к горизонтали. Процесс резки рину, что говорит о малых размерах участка ЗТВ. Различные эпизоды синхронной резки листа ре-

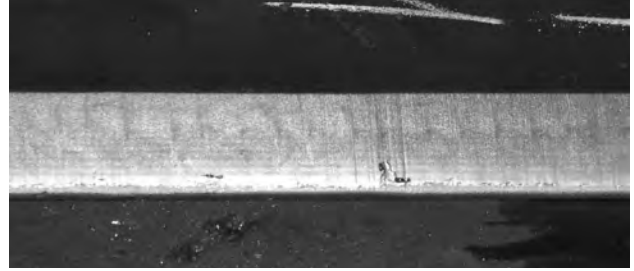


Рис. 17. Стенд для снятия фасок под сварку. Резка производится снизу - вверх под углом 60° к горизонтали. Поверхность реза

заками РМ-2 и РГКМ-1-SR показаны на *рис. 13* и *14*.

Факел у резака РГКМ-1-SR более жесткий, компактный и высокотемпературный, чем у резака РМ-2. На *рис. 13* и *14* хорошо видно, что пятно нагрева у резака РГКМ-1-SR в два раза меньше, чем у РМ-2, корона отраженного пламени меньше, пятно нагрева ярче, и удаляемый из полости реза шлак имеет более высокую температуру (он более яркий).

По результатам экспериментов получены положительные отзывы у специалистов и обслуживающего персонала.

В цехе № 16 ЧАО «НКМЗ» на специальном стенде с помощью резака РГКМ-1-SR производилась V - образная разделка кромок под сварку. Для определения возможностей резака при снятии фасок под сварку были выбраны наиболее жесткие условия. Резка производилась снизу - вверх под углом 60° к горизонтали. На *рис. 15* изображен резак РГКМ-1-SR с зажженным факелом на фоне стенда для снятия фасок под сварку. На *рис. 16* представлен процесс снятия фаски под сварку, а из *рис. 17* можно оценить качество поверхности реза.

Литература.

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

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

●#1208

Энергоэффективные материалы в футеровках печей для термической обработки: проблемы выбора

Д.В. Чайка, док. философии, «Nabertherm GmbH» (Лилиенталь, Германия)

В последнее время с целью экономии ресурсов в сварных изделиях все чаще применяют высокопрочные стали и сплавы, уменьшая металлоемкость конструкций. Термическая обработка таких сварных изделий является наиболее длительным и энергоемким процессом в машиностроительном производстве, а термические электропечи основным потребителем энергии. В условиях постоянно повышающихся цен на энергоносители все более жесткие требования предъявляются к экономичности применяемого оборудования [1].

В настоящее время наряду с современными механизированными печами используются физически и морально устаревшие печи, работающие с очень высокими энергозатратами. Поэтому вопросы энергосбережения чрезвычайно актуальны для термических цехов предприятий стран ЕС, РФ, Украины и др. стран. Сокращение затрат может обеспечить применение энергосберегающих технологий, отвечающих современным требованиям как по количеству потребляемой энергии, так и по качеству выпускаемой продукции.

В этих условиях производители оборудования для термической обработки все шире используют в футеровках своих электропечей современные волокнистые теплоизоляционные материалы, которые в отличие от традиционных огнеупоров характеризуются: низкой теплопроводностью, малой плотностью и, как следствие, небольшой объемной теплоемкостью, а также высокой стойкостью к термическим ударам и вибрации [2, 3].

Одновременно с нагревом металла в печах происходит и нагрев футеровки. Каждый раз, производя нагрев электропечи после отключения в ночную смену, на выходные или после перерыва в работе, необходимы дополнительные затраты энергии для выхода печи на рабочую температуру [1, 2]. Огнеупорная кладка или футеровка печей возводится с целью сокращения тепловых потерь, для защиты кожуха, а также персонала от воздействия высоких температур. Поэтому футеровка печей является важнейшим элементом конструкции и в значительной степени определяет энергопотребление всей печи в целом.

Для анализа экономических характеристик печей проведем сравнение энергозатрат процессов термической обработки в печах с различными термоизоляционными наполнениями. Рассмотрим камер-

ные электропечи HW 1000/12 с кирпичной футеровкой свода печи и HW 1000/12 S, где в качестве изоляционного материала свода использованы волокнистые блоки. Объем печей 1000 л, рабочее пространство 600x1400x600 мм (ширина/глубина/высота), мощность 57 кВт, максимальная рабочая температура 1280°C и максимальная масса садки 1100 кг. Рассмотрим конструкции их сводов. Конструкция свода печи HW 1000/12 очень трудоемкая. Футеровка выполнена продольными рядами; материал уложен плашмя (целый кирпич). Соприкасающиеся друг с другом стороны кирпичей покрыты асбозуритовой подмазкой. Для защиты от физического износа кладка выполнена в два слоя. Первый слой кладки выполнен из легковесного шамотного кирпича (рис. 1, поз. 1), второй - из хромомagneзитового (рис. 1, поз. 2). Толщина радиальных швов составляет 1-2 мм. Для предотвращения преждевременного разрушения печи через каждый метр кладки проложен температурный шов. Кладка изготовлена из футеровочного кирпича производства «IFB Refractories SAS». На кирпичную кладку уложены теплоизоляционные панели из силиката кальция Promasil-1000 (рис. 1, поз. 3), производства «Promat GmbH». Суммарный вес данной изоляционной конструкции составляет 450 кг, стоимость использованных материалов - 1750 Евро (€). Для выполнения кирпичной футеровки свода требуется не менее 50 рабочих часов.

В футеровке свода печи HW 1000/12 S использованы волокнистые блоки (рис. 2, поз. 1) производства «RATH GmbH». Блоки отличаются улуч-

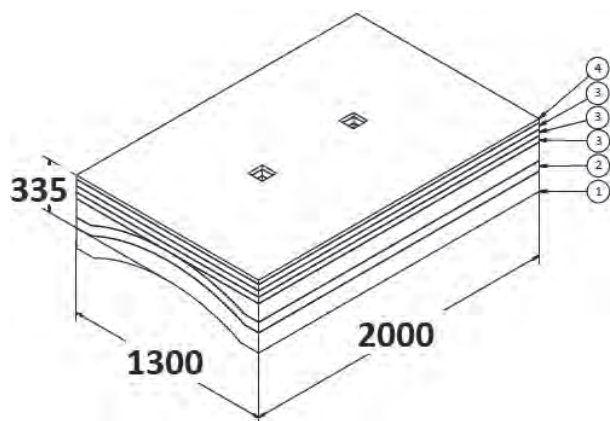


Рис. 1. Свод печи из кирпичной футеровки: 1 - легковесный шамотный кирпич; 2 - хромомagneзитовый кирпич; 3 - силикат кальция; 4 - минеральная вата

шенными технологическими и конструкционными характеристиками и обеспечивают быстрый монтаж, как при сборке, так и разборке печи при проведении ремонтных работ. Все применяемые волокнистые материалы — это полностью неорганические изделия, поэтому не выделяют вредных веществ и дают минимальную усадку даже при первом нагревании, инертны к большинству химических веществ, за исключением гидрофтористых и фосфорных кислот, а также сильных щелочей.

Волокнистые блоки представляют собой модуль из наборных элементов, с различными системами крепления, что определяет удобство их применения в печах различной конструкции. Размер и толщина модуля выбрана исходя из рабочей температуры и размера рабочего пространства печи.

В данной печи волокнистые блоки соединены между собой и с корпусом печи с помощью специальных анкеров. Учитывая, что используемые анкера из жаропрочной стали приводят к приросту температуры на 5-15 °С, на корпусе печи, дополнительно уложен теплоизолирующий слой толщиной 30 мм из силиката кальция Promasil-1000 (рис. 2, поз. 2). Суммарный вес данной изоляционной конструкции составляет 265 кг, стоимость волокнистых блоков (с учетом крепежных элементов) - 6500 €. На монтаж волокнистых блоков данной печи требуется в среднем около 16 рабочих часов.

Как видно из рис. 3, 4, при идентичной температуре в печи 1200 °С и применении различных концепций изоляции, мы получаем одинаковую температуру на поверхности корпуса печи.

Низкая теплопроводность этих материалов позволяет значительно уменьшить толщину футеровки, что существенно отражается на общей массе печи и внешнем габарите. Это позволяет размещать оборудование даже на небольших производственных площадках и производить транспортировку полностью собранной печи с помощью автомобильного транспорта. В случае, если печь имеет большие габариты рабочего пространства, что не позволяет провести ее транспортировку в собранном виде, монтаж футеровки у заказчика из крупных

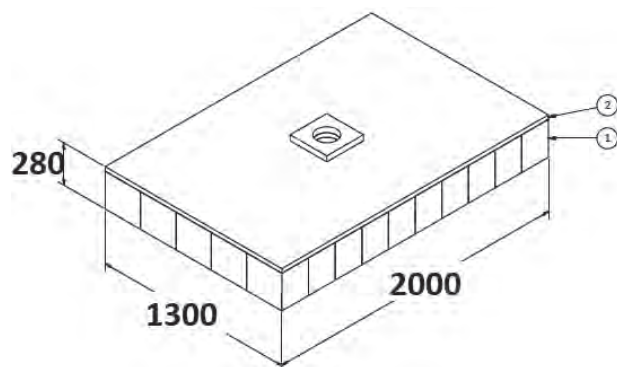


Рис. 2. Свод печи из волокнистых блоков: 1 - силикат кальция; 2 - волокнистые изоляционные блоки

волокнистых блоков занимает значительно меньше времени (16 раб. ч) по сравнению с изготовлением кирпичной кладки (50 раб. ч).

Футеровка свода печи волокнистыми блоками позволяет также решить проблему растрескивания свода из огнеупорного кирпича при нагревании. Учитывая, что потери тепла через свод на 30% выше теплопотерь через боковые стенки печи [2, 3] это позволяет уменьшить общий расход потребляемой энергии в процессе нагрева и повысить равномерность температурного поля в рабочем пространстве печи.

Важным показателем, особенно для печей, работающих в периодическом режиме, являются тепловые свойства футеровки, т.к. каждый раз вместе с нагревом изделий производится и нагрев печи. Затраты мощности на нагрев рассчитываются по формуле:

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta t,$$

где: Q – количество теплоты, Дж; c – удельная теплоёмкость изоляционного материала, Дж/(кг·°К); m – масса изоляционного материала, кг; Δt – изменения температуры печи, °К.

Из табл. 1 видно, что энергозатраты при нагреве и поддержании температуры в печах с традиционными кирпичными огнеупорами значительно выше. Футеровка печей с волокнистыми теплоизоляционными материалами с низкой теплопроводностью, малой плотностью и малой объемной те-

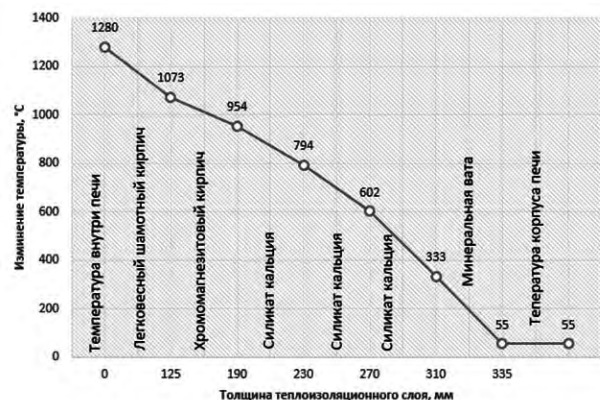


Рис. 3. График зависимости температуры от теплоизоляции печи HW 1000/12

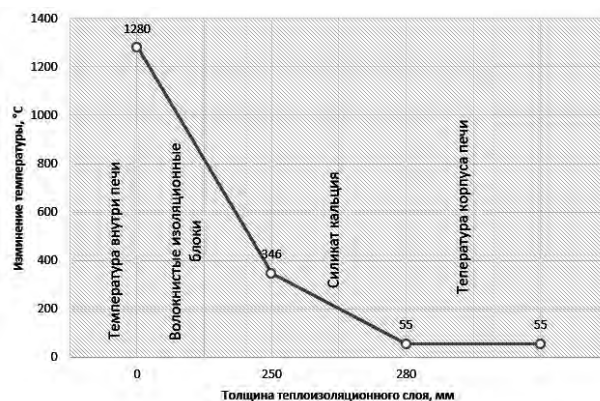


Рис. 4. График зависимости температуры от теплоизоляции печи HW 1000/12 S

Таблица 1. Затраты мощности на нагрев свода печи до 1280 °C

Модель камерной печи	Затраты мощности на нагрев теплоизоляционного слоя свода печи, кВт·ч	Затраты мощности на поддержание заданной температуры свода печи, кВт·ч
HW 1000/12	8,34	2,58
HW 1000/12 S	5,92	1,94

плоемкостью обеспечивает сокращение потребления электроэнергии в среднем на 30% (8,34 против 5,92 кВт·ч и 2,58 против 1,94 кВт·ч).

Годовая экономия затрат на электроэнергию при работе в 6000 ч в год и тарифе 0,06 € кВт·ч достигает более 1000 €. Чрезвычайно высокая экономия при довольно небольших начальных вложениях является убедительным аргументом в пользу теплоизоляции из волокнистых блоков.

Выполненный в данной статье анализ показал существенное преимущество печей с футеровкой волокнистыми теплоизоляционными материалами:

- расход потребления электроэнергии меньше

приблизительно на 30%;

- масса футеровки меньше не менее чем на 40% (265 против 450 кг) и облегчена тем самым конструкция каркаса печи, фундамента и др.;
- затраты на выполнение ремонтных и строительных работ меньше на 30% (50 против 16 ч);
- продолжительность цикла нагрева и термообработки уменьшается, и тем самым повышается производительность.

Литература

1. Применение энергоэффективных конструкций футеровок с целью снижения топливотребления в промышленных печах. / Литье и Металлургия. - 2012. - 2 (65). - С. 108-112.
2. Praxishandbuch Thermoprozess. – Technik, 1. Grundlagen und Verfahren / Carl Klammer; Alfred Mühlbauer (Hrsg.). - Essen: Vulkan-Verlag, 2002 ISBN3 - 8027-2922 - 6.
3. Praxishandbuch Thermoprozess. - Technik, 2. Prozesse - Komponenten - Sicherheit / Alex von Starck; Alfred Mühlbauer; Carl Klammer. - Essen: Vulkan-Verlag, 2003 ISBN3 – 8027-2923 - 4.

●#1209

Технологии наносварки. Наносварка нанообъектов наноприпоями – новое слово в нанотехнологиях

Ученые разработали технологии наносварки, процесс которой происходит в масштабе одной миллиардной метра (10^{-9} м). Такие технологии можно будет с успехом применять при сборке электронных устройств, причем в еще более мелких масштабах сообщает New Scientist. Одна из технологий, принцип которой схож с использованием припоя, называется нанороботизированной точечной сваркой, и в нем для соединения объектов используется расплавленная медь. Этот способ разработали специалисты Института робототехники и систем искусственного интеллекта в Цюрихе (Швейцария) и их коллеги из Чжэцзянского университета (Китай).

Углеродная нанотрубка толщиной в 50 нм заполняется медью и вставляется в роботизированный сварочный механизм. Затем через нее пропускается низковольтный разряд тока, чтобы расплавить находящуюся внутри медь. В ходе экспериментов сварочный механизм перемещался таким образом, чтобы плавящийся металл соединил одну углеродную нанотрубку с другой. Этот способ позволит встраивать нанотрубки в крошечные транзисторы, которые сейчас являются основными переключающими ток компонентами большинства электронных устройств. Однако, как отмечает Сергей Гордеев из Батского университета в Великобритании, сейчас лишь у немногих лабораторий есть в распоряжении нанороботизированные сварочные аппараты. Гордеев вместе с коллегами изобрел другой метод наносварки с использованием электронного микроскопа. Пучок электронов внутри микроскопа преобразует крошечные количества примесей на основе углерода в аморфный углерод вокруг участка, за которым ведется наблюдение. Изменяя пучок электронов и перемещая цель можно создать любую трехмерную форму. При помощи этой технологии ученые уже сделали наноскальпели, которые можно использовать для работы с живыми тканями.

Исследователи из Университета Шеффилда, Великобритания, разработали новую технику соединения нано-объектов. Такая техника соединения, известная как «наносварка», может существенно продвинуть технологии производства таких изделий как новейшие сверхчувствительные сенсоры и сверхбыстродействующие компьютерные чипы. Д-ра Йонг Пенг и Биверли Инксон разработали новый способ сварки отдельных нанообъектов, используя маленькие капли вязкого металлического присадочного материала (или припоя) размером менее 250 атомов в поперечнике.

Наносварка весьма важна в таких приложениях, как наносенсоры и наноэлектроника. Промышленные изделия требуют многофункциональные соединительные технологии для соединения отдельных элементов в рабочую конструкцию. В то же время, большинство из существующих методов соединения деталей не могут быть использованы в наноразмерном диапазоне, поскольку нано-объекты могут быть легко уничтожены тепловым воздействием.

Новый способ работает путем нагрева металлической проволоки крошечной толщины, которая находится в контакте с соединяемыми материалами. Припой плавится и натекает на соединение. Процесс сварки можно наблюдать в реальном времени через электронный микроскоп, управляя при этом количеством нано-припоя и его распределением по сварному шву.

По мнению ученых, результаты исследований являются прорывом в нанотехнологии. До сих пор исследователи акцентировались на разработке отдельных нано-объектов, и почти никто не занимался вопросами их соединения. Новый метод хорош тем, что дает возможность управления химическим составом, прочностью и проводимостью сварного соединения непосредственно на уровне нано-размеров. Работы проводились в рамках научно-исследовательской программы EPSRC Basic Technology Nanorobotics Programme.

www.svarkainfo.ru

●#1210

«Weldex 2019» - XIX Международная выставка сварочных материалов, оборудования и технологий



С 15 по 18 октября 2019 г. в Москве с большим успехом прошла самая крупная в России Международная выставка сварочных материалов, оборудования и технологий Weldex.

В этом году в выставке приняли участие 189 компаний из 14 стран мира. Weldex – крупнейшая межотраслевая площадка, уже почти два десятилетия объединяющая специалистов сварочных производств российских и зарубежных предприятий в различных отраслях промышленности. В их числе мировые лидеры – Esab, EWM, Fanuc, Kawasaki Robotics, Kemper, Lincoln Electric, Panasonic Industry Europe, Voestalpine Boehler Welding, ведущие российские производители и дилеры: «Алтайский завод агрегатов», «Государственный рязанский приборный завод», «ИТС-Инжиниринг», «Кедр», «Технотрон», «Уралтермосвар», «ЦНИИТМаш», а также 35 новых участников. Общая площадь экспозиции составила 9000 кв.м.

Впервые на Weldex 2019 при поддержке DVS-Немецкого сварочного союза и Messe Essen был организован Национальный павильон Германии, объединивший более 10 компаний.

Совершенно новое пространство было представлено на Weldex 2019 – это VR-зона, где посетители с помощью Виртуального сварочного тренажёра Lincoln Electric VRTEX и продукта с моделированием дополненной реальности Soldamatic компании «Рутектор» смогли ознакомиться с программами для обучения специалистов-сварщиков. Данные технологичные решения созданы для облегчения реализации широкого круга задач: занятий на начальном и продвинутом уровне, тестирования кандидатов на вакансии, а также повышения квалифи-

кации инструкторов в учебных заведениях или на предприятиях.

За 4 дня работы выставки с экспозициями ознакомились 6 080 посетителей из 26 стран, которые поставили себе целью выбрать оборудование для решения своих производственных задач, изучить новейшие тренды в сварке, резке и наплавке, провести максимальное количество личных встреч с руководителями компаний - участников.

Деловая программа. Обновлённая и насыщенная деловая программа выставки Weldex 2019 объединила на одной площадке более 60 экспертов сварочной отрасли, создав дополнительные возможности для диалога и укрепления личных контактов между профессионалами сварочного рынка. За три дня работы выставки мероприятия деловой программы посетили порядка 500 специалистов.

Знаковым событием стало участие заместителя Председателя Военно-промышленной комиссии РФ Олега Бочкарева в работе Общероссийского совещания сварщиков и выступление с приветственным словом перед профессиональным сообществом.

Ключевым фокусом деловой программы стала тема сварки алюминия. 17 октября на Weldex 2019 прошел День алюминия, основным событием которого стала конференция «Новое в сварке, резке, наплавке при производстве изделий из алюминия и алюминиевых сплавов». В ходе конференции эксперты Алюминиевой Ассоциации, ЦНИИ КМ «Прометей», ФГУП «НПО «Техномаш», «Арконик Россия», компании «РУСАЛ» и Центра разработок S7 поделились опытом применения сварки алюминия в различных отраслях промышленности и рассказали о перспективных направлениях развития





сварочных технологий. Почетным гостем мероприятия стал директор по технологическому развитию ОК «РУСАЛ» Виктор Манн.

В своем выступлении на открытии Дня алюминия директор по взаимодействию с рынком Алюминиевой Ассоциации Елена Асанова подчеркнула, что проводимая на Weldex 2019 конференция призвана способствовать развитию глубокой переработки алюминия и расширению использования высокотехнологичной алюминиевой продукции. «Этот формат дает возможность широкому кругу специалистов приобщиться к передовым решениям в области сварки алюминия. Знания, компетенции, которые представлены на сегодняшнем профессиональном форуме, абсолютно уникальны. Приобрести их можно только здесь», – отметила Елена Асанова.

Значительный интерес у посетителей вызвали тематические мастер-классы, которые были организованы на стендах ведущих отечественных и зарубежных производителей технологий и оборудования: Lincoln Electric, ESAB, «Рутектор», «Технотрон», FANUC и др.

В рамках выставки традиционно состоялись



профессиональные конкурсы «Лучший сварщик», «Лучший молодой сварщик», «Лучший Инженер/Ученый в сварочной отрасли» и «Мисс Сварка Мира», партнерами конкурсов в 2019 г. выступили Esab, «Сварог», компания «Элсвар» и «ЗМ».

Выставка Weldex 2019 вызвала большой интерес у посетителей, помогла завязать множество полезных контактов для успешной реализации коммерческих планов и развития бизнеса. За 4 дня выставки посетители смогли ознакомиться с новыми технологиями в области сварки и родственных процессов, увидеть оборудование в действии, найти надежных поставщиков и партнеров для бизнеса, посетить мероприятия деловой программы и обсудить важные производственные вопросы с профессионалами отрасли.

Генеральный информационный партнер выставки – журнал «Сварочное производство», информационные партнеры – журналы «Сварщик в России», «Сварщик», «Ритм машиностроения», «Оборудование. Разработки. Технологии» и др.

Выставка ежегодно проводится при поддержке Министерства промышленности и торговли РФ, Министерства инвестиций и инноваций Московской области, Комиссии Российского союза промышленников и предпринимателей по машиностроению, Комитета Государственной Думы РФ по обороне.

Партнерами Weldex 2019 выступили ММАГС, «Элсвар», Алюминиевая ассоциация, НАУРР, РНТСО. «Рутектор» – спонсор регистрации посетителей. Seбора - Россия – спонсор навигации. Air Liquide – технический партнер

В 2020 г. юбилейная 20-я Международная выставка сварочных материалов, оборудования и технологий Weldex 2020 будет проходить с 13 по 16 октября в КВЦ «Сокольники», Москва.

●#1211

19-я Международная специализированная выставка «Машиностроение. Металлообработка. Сварка. Казань» - 2019

С 4 по 6 декабря 2019 г. на территории международного выставочного центра (МВЦ) «Казань Экспо» состоялась 19-я международная специализированная выставка «Машиностроение. Металлообработка. Сварка. Казань».

Официальными организаторами мероприятий стали Министерство промышленности и торговли Республики Татарстан (РТ), Российская ассоциация производителей станкоинструментальной продукции «Станкоинструмент», мэрия г. Казань, ОАО «Казанская ярмарка». Выставка проводилась под патронажем Президента РТ Р.Н. Минниханова. Выставка традиционно стала ключевым отраслевым событием региона, продемонстрировавшим актуальные тенденции и передовые решения мирового и российского машиностроительного рынка.

На торжественном открытии мероприятия участников и посетителей выставки поприветствовали: Президент РТ – Рустам Нургалиевич Минниханов; Министр промышленности и технологий Турции – Господин Мустафа Варанк; Замминистра промышленности и торговли РФ – Дмитрий Владимирович Овсянников; Зам. Премьер-министра - Министр промышленности и торговли РТ - Альберт Анварович Каримов; Помощник Президента РТ – Равиль Хаматович Зарипов; Генеральный директор Агентства экономического развития федеральной земли Тюрингия, ФРГ – господин Андреас Край; Чрезвычайный и Полномочный Посол Турецкой Республики в России – Господин Мехмет Самсар и др. офиц. лица.

В рамках выставки на торжественном открытии было подписано первое соглашение о сотрудничестве между Агентством инвестиционного развития РТ и турецкой компанией ТТАФ.

Высокая репутация выставки «Машиностроение. Металлообработка. Сварка. Казань» под-



тверждена знаками Всемирной ассоциации выставочной индустрии (UFI) и Российского союза выставок и ярмарок (РСВЯ).

Свои лучшие достижения на площади 4031 кв.м. продемонстрировали посетителям 223 компании из 29 регионов РФ, Москвы, Санкт-Петербурга, а также 22 иностранные компании из Германии, Чехии, Республики Беларусь, Украины, Швейцарии и др. Экспоненты выставки представили оборудование и технологии из 20 стран мира: Австрии, Болгарии, Венгрии, Индии, Италии, Китая, Литвы, Польши, РФ, Сингапура, США, Тайваня, Турции, Южной Кореи, Японии и др.

Национальные экспозиции представили Германия, Республика Беларусь и Чехия, региональные экспозиции – Республика Крым, Брянская и Самарская области.

Предприятия мирового машиностроения были представлены компаниями: Galika AG, Mazak, ООО «Пумори-северо-запад», ЧКОО «Яскава Европа Холдинг АБ». Оборудование российских производителей представили машиностроительные и станкостроительные компании и предприятия в т. ч.: ЗАО «Липецкий станкозавод «Возрождение», ПАО «Кувандыкский завод кузнечно-прессового оборудования «Долина», ООО «Завод Механических Прессов», АО «Уралэлектромедь», ООО ПФК «Бетар», ООО «Балт-Систем», АО «ПКК Миландр», ООО «Чайковский завод «Механика», ООО «Камоции Пневматика» и др.

Специалисты отрасли «вживую» ознакомились с энергоемким и крупногабаритным оборудованием, со станками, которые были продемонстрирова-





ны в действии.

Впервые на выставке ООО «ПФК БЕТАР» показал, как работает трансферный станок собственного производства BTM 11Classic. Усилиями ООО ПКФ «БЕТАР» в республике зарождается станкостроение: предприятием производятся и поставляются трансферные/агрегатные станки.

Внимание посетителей на стендах привлекли станки всемирно известных марок Mazak, DMG Mori, ECOCA, SHTRAL, Likon, AVALON и др. Многие станки были впервые показаны широкой аудитории.

ООО «Перас» представил полную гамму станков Shtral от двухосевых токарных станков и трехосевых фрезерных, предназначенных для решения общих задач машиностроения - до высокопроизводительных многоосевых токарно-фрезерных обрабатывающих центров, предназначенных для производства прецизионных технологичных деталей.

На выставке компании продемонстрировали также новые инструменты, станочную оснастку, сварочное оборудование, материалы для обработки и многое другое, что позволяет модернизировать промышленное производство, решать различные технические задачи.

Тематика сварочных технологий была представлена компаниями: ООО «Сварнов», ООО «Дельта-Свар», ООО «Форминг», АО «Уралэлектро-медь», ООО «Электрод плюс», ООО «ТехноРем-Строй-Казань». Из новинок сварочной промышленности на выставке можно было ознакомиться с работой источника тока для орбитальной сварки ORBIMAT 180 SW, автоматизированной линии для сварки (1000 x 300 мм), с баллонами, объемом 50 л на 200 атмосфер.

Деловая программа выставки включала 12 отраслевых мероприятий, которую посетило в 2019 г. 762 человека: ведущие эксперты научного сообщества, российские и мировые эксперты, представители отраслевых ассоциаций, министерств и ведомств, руководители и специалисты предприятий.

Открыло деловую программу IX Заседание Координационного Совета предприятий машиностроения

РТ, основной темой которого было «Повышение производительности труда за счет внедрения инновационных технологий и современных систем управления предприятием». На заседании были представлены доклады руководителей предприятий, имеющие реальный опыт в повышении производительности труда за счет внедрения инновационных технологий и современных систем управления предприятием.

В первый день выставки состоялась также конференция «Российские технологии и оборудование – машиностроительному комплексу Республики Татарстан», проводимая Ассоциацией «Станкоинструмент».

Во второй день выставки было проведено заседание Рабочей группы по сотрудничеству в области промышленности, действующей в рамках Межправительственной комиссии по экономическому, промышленному и научно-техническому сотрудничеству между РФ и Чешской Республикой. Заседание проходило во главе с Председателем российской части Рабочей группы – Советника Министра промышленности и торговли РФ Виктора Семенова и Председателем с чешской стороны - эксперта Департамента секторальной экспертизы и промышленной политики Министерства промышленности и торговли Чехии Анны Никодимовой. Основными темами двустороннего сотрудничества стало обсуждение текущих и перспективных проектов в области станкостроения, транспортного машиностроения, авиационной промышленности и в др. областях.

Секция «Популяризация науки и технологий» в формате Engineering Slam была организована преподавателями и студентами Института управления инновациями Казанского национального исследовательского технологического университета при поддержке Министерства промышленности и торговли РТ. В рамках проекта состоялись неформальные выступления экспертов в области научно-технических исследований и разработок в условиях диджитализации экономики и Индустрии 4.0.

В течение двух дней проводилась Международная научно-техническая конференция «Инновационные машиностроительные технологии, оборудо-



дование и материалы – 2019», организованная АО «КНИАТ» с 6 секционными заседаниями: «Высокоэффективные материалы, технологии и оборудование в машиностроении», «Цифровизация, инновационные разработки и экономика в машиностроении», «Химическое машиностроение», «Математическое и физическое моделирование информационных, технических, технологических и управленческих систем и процессов», «Инновационные сварочные технологии в промышленности», «Надёжность, эффективность и безопасность объектов топливно-энергетического комплекса». Участники конференции обсудили научно-технические достижения в области проектирования и изготовления изделий машиностроения, получили возможность расширить связи между научными организациями и предприятиями машиностроительного комплекса, обменялись научно-технической информацией, определили перспективные пути создания и развития новой техники, технологий и материалов. Среди участников МНТК «ИМТОМ-2019» - представители Вьетнама, Казахстана, Узбекистана, городов РФ: Воронежа, Екатеринбурга, Казани, Липецка, Москвы, Набережных Челнов, Нижнего Новгорода, Санкт-Петербурга, Чебоксар и др. За время работы секционных заседаний и круглых столов было сделано более 200 докладов, общее количество участников составило 372 человека.

5 декабря в рамках выставки состоялось мероприятие, бизнес-встречи с главными специалистами ведущих промышленных предприятий РТ, организованные по принципу мэтчмейкинга. Это деловое событие, где участники в комфортной обстановке смогли обзавестись полезными контактами и определились с условиями дальнейшего сотрудничества. Всего состоялось 143 встречи, участие в которых приняли 40 главных специалистов из 20 предприятий РТ, а также 51 специалист малого и среднего бизнеса.

Традиционно выставку сопровождал Региональный чемпионат «Молодые профессионалы» РТ по 5 компетенциям: «Фрезерные работы на станках с ЧПУ», «Токарные работы на станках с ЧПУ», «Сварочные технологии», «Мехатроника», «Интернет вещей» для конкурсантов в возрастной категории «от 16 до 22 лет», а также по 4 компетенциям «от 16 лет и моложе» направления «Ворлдскиллс Юниоры».

Для выявления среди участников выставки компании, представляющей последние достижения, новейшие прогрессивные технологии и инновационные разработки в области машиностроения, металлообработки и сварки был проведен традиционный конкурс «Лучший продукт выставки», в котором приняло участие 14 компаний. Экспертной комиссией, состоящей из ведущих специалистов отрасли, были определены следующие победители: в номинации «Продукция с новыми или улучшенными

характеристиками»:

ООО «Технология» (Казань), за представленную линейку продуктов для металлообработки HOSMAC-RT.

В номинации «Инновационные разработки молодых учёных и специалистов»:

Казанский Национальный Исследовательский Технический Университет им. А.Н. Туполева - КАИ, ФГБОУ ВО (Казань), за переносную факельную установку для бездымного сжигания этилена.

В номинации «Оборудование и технологии для цифрового управления производством»: ООО «Институт Развития Цифровой Экономики (Москва), за систему мониторинга оборудования ОПТИМУМ (СМО ОПТИМУМ ИИ); ПКФ «БЕТАР», (г.Чистополь), за разработку и внедрение в производство станка BTM 11 Classic.

В 2019 г. выставку посетило 9013 человек из 86 городов РФ, а также из Казахстана, Германии, Турции, Пакистана, Китая и Белоруссии, что на 20% больше, чем в 2018 г. Площадь экспозиции расширилась на 714 кв.м., количество участников выставки из разных стран мира увеличилось на 43 компании. Положительная динамика роста всех основных показателей демонстрирует, что выставка неуклонно наращивает свой потенциал, и каждый год ставит рекорды.

Обширная экспозиция выставки и насыщенная деловая программа, объединившие на своей площадке передовых отечественных и зарубежных представителей отрасли, позволили не только выгодно презентовать новинки техники и технологий, но и эффективно провести деловые переговоры, найти новых бизнес-партнеров, заключить новые контракты, принять участие в обсуждении актуальных вопросов развития машиностроительной, металлообрабатывающей и сварочной отраслей. По результатам опроса участников 45,5% заключили контракты либо достигли договоренностей об их заключении, 94% участников полностью или частично достигли целей участия в выставке.

Выставка стала эффективной площадкой для расширения границ делового сотрудничества между отраслевыми предприятиями как на региональном, так и международном уровнях, продвижения современных технологий и оборудования на предприятия РТ, а также обмена идеями, получения свежей информации по ключевым темам отрасли, деловых встреч промышленного и бизнес-сообщества.

ОАО «Казанская ярмарка»,
РФ, 420059, г.Казань, Оренбургский тракт, 8,
тел./факс: (843) 202-29-03
e-mail: expo-kazan@mail.ru
www.expomach.ru

●#1212

Династия ответственности

С.Е. Семенов (Киев)

В книге «Беру ответственность на себя» Б.М. Ефетов рассказал о заседании правительства, на котором рассматривалось предложение Института электросварки о создании производства сварных труб с использованием стана новой конструкции и высокоскоростной дуговой сварки под флюсом. Именно эти слова Е.О. Патон произнес в ответ на отрицательную реакцию министра тяжелого машиностроения того времени Н.С. Казакова, который говорил о значительных расходах на создание нового производства, о том, кто возьмет на себя ответственность за указанные работы. Кроме того, Евгений Оскарович поинтересовался у министра: «Возможно ли не понести никаких затрат и ничем не рискуя создать отечественное производство труб большого диаметра и избавиться наконец от иностранной зависимости?».

Высокое чувство долга и ответственности всегда было жизненным принципом Е.О. Патона, его сыновей и воспитанников - корифеев Института, плеяды признанных авторитетов в области сварки, металлургии и металловедения. Такая позиция, такое отношение к делу, надежность и профессионализм являются визитной карточкой Института, который по праву носит имя его создателя. Работать в нем считалось почетным.

Разумеется, что указанные качества специалистов Института могли появиться только в особой среде, получившей название «патоновской школы», где своими знаниями и опытом щедро делились с молодежью патоновцы старших поколений.

Ответственность перед отечественным производством сварных газонефтепроводных труб, которую подобно присяге принял на себя Евгений Оскарович в далеком послевоенном году, оставила глубокий след в деятельности Института. Над проблемами производства сварных труб для развития систем магистрального трубопроводного транспорта нефти и газа специалисты Института трудятся уже более 70 лет. В прежние годы возглавляемый Б.Е. Патоном НТК «ИЭС им. Е.О. Патона» был постоянным партнером Электростальского завода тяжелого машиностроения в создании высокопроизводительных трубоэлектросварочных агрегатов, для которых разрабатывались технологические процессы сварки, проектировались и изготавливались специализированные сварочные установки и др. необходимое оборудование. Сотрудники Института обеспечивали научное и технологическое сопровождение производства газонефтепроводных труб на отечественных заводах. В тесном сотруд-

ничестве с научными центрами и предприятиями ряда отраслей промышленности решались задачи совершенствования трубного производства и повышения надежности магистральных трубопроводов.

Самая достоверная историческая оценка – испытание временем, взгляд на прошедшее через призму настоящего, а еще лучше, будущего. Оглядываясь на прошлое, вспоминая какие жизнеутверждающие и жизнеспособные идеи рождались, разрабатывались и реализовывались в Институте электросварки, начинаешь отчетливо понимать, что в нем трудились люди, пришедшие из Будущего и работавшие на Будущее. В полной мере это относится к старшему поколению трубников Института. Остались в прошлом 100-летние юбилеи Бориса Израилевича Медовара и Симона Львовича Мандельберга. Было бы несправедливо не вспомнить наших учителей и наставников, не рассказать о заслугах этих ученых в решении актуальных задач отечественного трубного производства.

Как отмечает Б.И. Медовар в статье, посвященной столетию Харцызского трубного завода (ХТЗ), создатель способа сварки под флюсом основатель Института электросварки Е.О. Патон еще до войны задумывался о том, что именно трубы большого диаметра окажутся наиболее подходящими и наиболее эффективными для новой сварочной техники. Идею применения сварки под флюсом Институт электросварки реализовывал в первые послевоенные годы. Производство сварных труб было организовано сначала на заводе им. Ильича в Мариуполе, а затем на ХТЗ, для которого в Институте Р.И. Лашкевичем был разработан эскизный проект нового трубоэлектросварочного стана – прообраза т.н. непрерывных станов. Впоследствии такие станы стали применяться при производстве прямошовных труб большого диаметра на всех трубных заводах.

Б.И. Медовар был разработчиком технологии скоростной сварки под флюсом труб на новом стане ХТЗ.



Совещание у директора Института электросварки (слева направо: Б.И. Медовар, И.И. Фрумин, Е.О. Патон, П.И. Севбо, Б.Е. Патон), октябрь 1947 г.

В упомянутой выше статье он скупко упоминает о своей роли в освоении новой технологии сварки. Между тем, благодаря использованию двухдугового процесса удалось достигнуть и превысить рубеж скорости сварки 100 м/час, что как минимум вдвое превышало производительность однодуговой сварки труб.

Период активной деятельности Б.И. Медовара на ХТЗ совпал с кардинальными изменениями в технологии сварки газонефтепроводных труб, а именно переходе от односторонней к двухсторонней сварке под флюсом, что было обусловлено необходимостью обеспечения эксплуатационной надежности сварных труб. В дальнейшем двухсторонняя дуговая сварка под флюсом стала основным технологическим процессом в трубном производстве. Она используется на всех отечественных и зарубежных заводах по производству газонефтепроводных труб большого диаметра и поныне.

После Б.И. Медовара, начиная с 1953 г. эстафету работ в области трубного производства принял ученик Е.О. Патона С.Л. Мандельберг, который ранее разрабатывал и отвечал за монтажную сварку конструкций моста через р. Днепр, ныне моста им. Е.О. Патона. Профессиональная деятельность С.Л. Мандельберга совпала с организацией в СССР широкомасштабного производства газонефтепроводных труб большого диаметра, начиная от 530 и заканчивая 1420 мм. Мандельберг руководил работами по технологической подготовке новых трубных производств, обеспечивал координацию работ разных подразделений института, которые принимали участие в создании и внедрении сварочных комплексов, а также в освоении производства труб проектного сортамента на трубных заводах.

С.Л. Мандельберг внес заметный вклад в теорию и практику скоростной дуговой сварки, а также развитие сварочных технологий в производстве газонефтепроводных труб большого диаметра. На основании проведенных исследований в разработанных способах многодуговой скоростной сварки наружных и внутренних швов труб



Е.О. Патон на конференции по автоматической сварке.
Киев, 1940 г.

С.Л. Мандельбергом эффективно использован потенциал возникающих при сварке электромагнитных полей для повышения производительности процесса и качества формирования шва.

В 1961 г. на Челябинском трубопрокатном заводе был опробован процесс трехдуговой сварки наружных швов труб с рекордной для того времени скоростью 200-210 м/час. Об этом достижении Б.Е. Патон докладывал на Пленуме ЦК КПСС.

С целью предупреждения образования кристаллизационных трещин и др. дефектов сварного шва разработан способ т.н. трехслойной сварки газонефтепроводных труб большого диаметра. В современном виде трехслойная сварка теперь используется на всех отечественных и зарубежных заводах, а ее применение стало обязательным требованием в нормативных документах на производство газонефтепроводных труб.

При изучении возможности изготовления толстостенных газопроводных труб диаметром до 1420 мм путем соединения отдельных обечаек по настоянию С.Л. Мандельберга в техническом проекте нового производства было предусмотрено применение традиционной двухсторонней однопроходной сварки под флюсом продольных наружных и внутренних швов трубных обечаек взамен планировавшейся ранее многопроходной сварки. Правомочность предложенного решения подтверждена современной практикой сварки прямошовных толстостенных газопроводных труб.

Прецедент появления поперечных трещин подтолкнул С.Л. Мандельберга к изучению проблемы холодного растрескивания металла сварных швов труб. Результаты проведенных исследований имели большое значение для разработки серии специальных легированных сварочных проволок и в целом для обеспечения надежности сварочной технологии в трубном производстве.

В период 1950-1970-х гг. трубоэлектросварочные цеха появились в Челябинске, Новомосковске, Мариуполе, Волжском и Харцызске. Для масштабного производства труб необходимо было много металла – жидкого чугуна и стали, слитков и слабов, листового и рулонного проката. Как обычно в этой цепочке чего-то не доставало, приходилось догонять. Серьезная проблема состояла в обеспечении необходимого качества трубной стали, а именно прочности, пластичности, вязкости, хладостойкости и технологичности, в т. ч. обеспечении хорошей свариваемости.

И здесь на выручку металлургам и трубникам пришла идеология Института электросварки им. Е.О. Патона, а именно целесообразность использования для сварных конструкций сталей с низким содержанием вредных примесей, что подкреплялось работами Б.И. Медовара в области электрошлакового переплава. Опыт ЭШП сталей специального назначе-

ния свидетельствовал о значительном повышении их служебных свойств. Кроме того, металлургами была разработана технология обработки стали в ковше жидким синтетическим шлаком, которая сразу была использована для получения материалов, применяемых в спецтехнике. В 1962 г. по инициативе Б.Е. Патона и Б.И. Медовара в Институт электросварки был приглашен И.Н. Голиков - директор ЦНИИЧМ им. И.П. Бардина. На этой встрече было решено развернуть широкомасштабные работы по применению сталей, обработанных жидким синтетическим шлаком для изготовления ответственных сварных конструкций. Учитывая перспективность данного направления на протяжении 1960-х гг. выполнены комплексные исследования листового проката толщиной от 10 до 60 мм, изготовленного из металла нескольких серий промышленных плавок, рафинированных углеродистых и низколегированных конструкционных и трубных сталей. В тот же период на трубных заводах были изготовлены и прошли успешные испытания опытные и опытно-промышленные партии газопроводных труб из рафинированных, в т. ч. микрелегированных сталей.

Проведенные под руководством С.Л. Мандельберга исследования рафинированных сталей с содержанием серы порядка 0,01% показали, что присутствующие чистому металлу более высокие показатели пластичности, вязкости, стойкости против зарождения трещин и свариваемости у исследованных сталей наблюдались при различных видах технологической обработки и способах сварки (дуговой, электрошлаковой, контактной). Особую ценность представляло выявленное в результате исследований значительное повышение энергоемкости вязкого разрушения рафинированной стали, что открывало перспективы применения высокопрочной стали в мощных газопроводах, для которых необходимо обеспечивать не только высокую стойкость против лавинных хрупких, но и протяженных вязких разрушений.

Результаты выполненных работ послужили основанием для организации производства на Новоліпецком металлургическом заводе рафинированной в ковше синтетическим шлаком жидкой стали и слябов непрерывного литья, которые в последующем применялись для изготовления листового и рулонного проката.

Таким образом, на рубеже 1970-х гг. XX века наметился решительный поворот в сторону применения чистого металла для производства газонефтепроводных труб большого диаметра, а в последующем и для изготовления ряда др. ответственных сварных металлоконструкций. Сбывались замыслы ученых Института о расширении областей применения рафинированной стали как неотъемлемых составляющих сварочных технологий, что позволяло обеспечить более высокий уровень качества и надежности изделий сварочного производства.

Однако, отечественная металлургическая промышленность оказалась не готовой ни по объемам производства, ни по качеству продукции обеспечивать трубным металлом начавшееся в те годы строительство магистральных газопроводов диаметром 1420 мм с рабочим давлением 7,5 МПа. Нормализованный листовой прокат, изготовленный даже из рафинированной стали, не обеспечивал требуемую для северных районов хладостойкость металла труб.

1970-е гг. XX столетия стали ареной активного поиска и острой конкуренции технологий производства труб для систем мощных магистральных газопроводов. Несмотря на разнообразие технологических подходов и конструкций труб, в ряде предложенных решений, с целью повышения сопротивления материала, была заложена идея многослойности развития разрушения, возможность разветвления и распространения трещин в отдельных сравнительно тонких слоях. Тогда история сделала свой выбор в пользу технологий контролируемой прокатки низкоуглеродистой рафинированной микрелегированной стали. Этот выбор базировался на достижениях металловедения и металлургической технологии. После контролируемой прокатки сталь приобретает признаками квазимонолитности. В период технологической предистории металл ведет себя как монолитный, однако в случае наступления аварийной ситуации непосредственно в зоне разрушения газопровода монолитная стенка трубы расщепляется. В присутствии надрывов, ориентированных подобно расслоениям, изменяются условия формирования разрыва, снижается опасность хрупкого разрушения газопровода. В температурном интервале работы трубопровода, включая минусовые температуры, излом стали контролируемой прокатки носит слоисто-вязкий характер. Локализации разрушения газопровода на сравнительно коротком участке способствует присутствующая выбранной технологии производства трубной стали значительная энергоемкость разрыва расщепляемой стенки трубы.



У входа на выставку «Сварка в СССР», г. Москва, ВДНХ, 1959 г.; Е.О. Патона уже нет, а Н.С. Хрущев еще во главе страны.

Разумеется, что специалисты Института не оставались в стороне от решения актуальных задач отечественного производства высоконадежных труб диаметром 1420 мм для газопроводов с рабочим давлением 7,5 МПа. На Харцызском и Волжском трубных заводах было освоено производство указанных труб из стали контролируемой прокатки типа Х70. На основе многослойной конструкции были разработаны и прошли успешные испытания гасители протяженных разрушений мощных магистральных газопроводов.

За последующие десятилетия XX века производство газонефтепроводных труб шагнуло далеко вперед. Сварные трубы используются для строительства магистральных газопроводов с рабочим давлением, превышающим 10 МПа. Для подводных магистральных трубопроводов изготавливаются сварные трубы с толщиной стенки до 50 мм. Все трубы выпускаются с наружным антикоррозионным покрытием. Используются новейшие системы комплексного контроля, управления качеством, технологи-

ческого и информационного обеспечения трубной продукции. С целью производства газонефтепроводных труб с высокими характеристиками прочности, вязкости и хладостойкости применяются новые типы материалов. Ныне металлургические технологии производства трубного металла, позволяют решать задачи достижения содержания серы в стали на уровне 0,001% и даже менее. Сегодня не удивляют показатели ударной вязкости трубной стали 300 и даже 400 Дж/см². Прежде цифры такого уровня можно было увидеть только при испытаниях высоколегированной стали аустенитного класса.

Современное трубное производство как на фундамент опирается на предшествующий период своего технологического развития, история которого не забудет первопроходцев. В их числе ученые Института электросварки им. Е.О. Патона, заложившие основы и стоявшие у истоков отечественного производства сварных газонефтепроводных труб большого диаметра.

●#1213



СВАРКА и РЕЗКА

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

7-10.04.2020



minskexpo.com



МАШИНОСТРОЕНИЕ

Международная специализированная выставка



ЗАЩИТА ОТ КОРРОЗИИ. ПОКРЫТИЯ
Международный специализированный салон



ЛИТМЕТЭКСПО
международная специализированная выставка

Организатор:



МИНСКЭКСПО

Тел.: +375 17 226 98 58; +375 17 226 90 83
Факс: + 375 17 226 98 58; +375 17 226 99 36
E-mail: e_fedorova@minskexpo.com

**Беларусь, г. Минск,
проспект Победителей, 20/2**

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. А. Кайдалов. Электронно-лучевая сварка и смежные технологии. Издание 2-е, переработанное и дополненное. 2004.— 260 с. ... 500	
В. Я. Кононенко. Газовая сварка и резка. 2005.— 208 с. 400	
С. Н. Жизняков, З. А. Сидлин. Ручная дуговая сварка. Материалы. Оборудование. Технология. 2006.— 368 с. 500	
А. Я. Ищенко и др. Алюминий и его сплавы в совре- менных сварных конструкциях. 2006.— 112 с. с илл. 400	
П. М. Корольков. Термическая обработка сварных соединений. 3-е изд., перераб. и доп. 2006.— 176 с. 400	
А. Е. Анохов, П. М. Корольков. Сварка и термиче- ская обработка в энергетике. 2006.— 320 с. 500	
Г. И. 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. Переплетчиков, И. А. Рябцев. Плазменная наплавка. 2007.— 292 с. 500	
А. Г. Потапьевский. Сварка в защитных газах плавящимся электродом. Часть 1. Сварка в активных газах. 2007.— 192 с. 500	
Г. И. 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 в углекислом газе и его смесях. Нормирование расхода сварочных материалов при сварке под флюсом. Справочные пособия. 2008.— 68 – 68 – 40 с. 200	
** Г. И. Лащенко. Современные технологии сварочного производства. 2012.— 720 с. 400	

* Цены на книги указаны без учета стоимости отправки.

** Продается только в электронной версии.

Тарифы на рекламу в 2020 г.

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

(*все цены в руб. с НДС)

Изготовление оригинал-макета

- 10% стоимости рекламной площади

Статья на правах рекламы

- 1 стр. — 12 000 руб.

Прогрессивная система скидок

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

Требования к оригинал-макетам

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

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

e-mail: welder.kiev@gmail.com

www.welder.stc-paton.com

Подписка-2020 на журнал

«Сварщик в России»

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

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

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

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