

6 (130) 2019

Журнал выходит 6 раз в год.
Издается с апреля 1998 г.
Подписной индекс 22405

Журнал награжден Почетной грамотой и Памятным знаком Кабинета Министров Украины

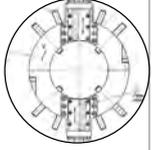
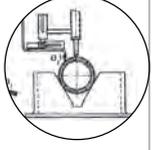
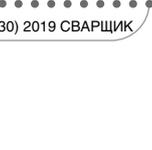
СВАРЩИК^{НТК}

Производственно-технический журнал

№ 6 2019
ноябрь-декабрь

ТЕХНОЛОГИИ
ПРОИЗВОДСТВО
РЕМОНТ

СОДЕРЖАНИЕ

Новости техники и технологий	4	
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, Л.П. Муценко, Д.С. Олияненко</i>	6	
Технологии и оборудование для АЭС		
Новый отечественный труборез из гаммы оборудования для подготовки к сварке неповоротных стыков трубопроводов атомных электростанций. <i>Л.М. Лобанов, Н.М. Махлин, В.Е. Водолазский, В.Е. Попов, Л.П. Муценко, Д.С. Олияненко, С.И. Лавров, А.А. Кириленко, В.Г. Прицька, А.В. Ковалюк</i>	15	
Технологии неразрушающего контроля		
Упрощенный метод поиска больших трещин и других поражений металлоконструкций без зачистки их поверхности. <i>В.А. Троицкий, В.А. Литвиненко</i>	21	
Механизация сварочного производства		
Механизация как средство расширения возможностей выполнения сварочных операций. <i>Г.И. Лащенко, Ю.А. Никитюк</i>	24	
Оборудование для производства		
Газокислородный резак РГКМ-1-SR для прецизионной резки листа. <i>В.М. Литвинов, Ю.Н. Лысенко, С.А. Чумак</i>	28	
Термическая резка и правка. История газопламенной обработки		
История создания бытовых и технологических процессов нагрева, термической резки и правки. <i>В.И. Панов</i>	34	
Стандартизация		
Анализ рисков на техническую безопасность источников питания и сварных конструкций с использованием НК и ТД. <i>А.Г. Потапьевский, Ю.К. Бондаренко, Ю.В. Логинова, К.О. Артюх</i>	37	
Подготовка кадров		
МУАЦ ИЭС им. Е.О. Патона НАНУ. Программы профессиональной подготовки на 2020 г.	44	
Наши консультации	47	
Страницы истории ИЭС им. Е.О. Патона.		
К 85-летию ИЭС им. Е.О. Патона		
«Вулкан» на земле и в космосе. 50 лет назад началась эра космических технологий. <i>А.Н. Корниенко</i>	50	
Все для сварки. Торговый Ряд	58	

Новини техніки та технологій	4
Вклад відділів ІЕЗ ім. Є.О. Патона в науково-технічний прогрес.	
До 85-річчя ІЕЗ ім. Є.О. Патона	
● Розробки, дослідження та досягнення ДП «Науково-інженерний центр зварювання і контролю у галузі атомної енергетики України ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАНУ». Л.М. Лобанов, Н.М. Махлін, В.Є. Водолазський, В.Є. Попов, Л.П. Муценко, Д.С. Оліяненко	6
Технології та обладнання для АЕС	
● Новий вітчизняний труборіз з гами обладнання для підготовки до зварювання неповоротних стиків трубопроводів атомних електростанцій. Л.М. Лобанов, Н.М. Махлін, В.Є. Водолазський, В.Є. Попов, Л.П. Муценко, Д.С. Оліяненко, С.І. Лавров, А.А. Кириленко, В.Г. Прітика, О.В. Ковалюк	15
Технології неруйнівного контролю	
● Спрощений метод пошуку великих тріщин та інших ушкоджень металоконструкцій без зачистки їх поверхні. В.О. Троїцький, В.А. Литвиненко	21
Механізація зварювального виробництва	
● Механізація як засіб розширення можливостей виконання зварювальних операцій. Г.І. Лашченко, Ю.О. Нікітюк	24
Обладнання для виробництва	
● Газокисневий різак РГКМ-1-SR для прецизійного різання листа. В.М. Литвинов, Ю.М. Лисенко, С.А. Чумак	28
Термічне різання та правка. Історія газополум'яної обробки	
● Історія створення побутових та технологічних процесів нагріву, термічного різання та правки. В.І. Панов	34
Стандартизація	
● Аналіз ризиків на технічну безпеку джерел живлення та зварних конструкцій з використанням НК і ТД. А.Г. Потап'євський, Ю.К. Бондаренко, Ю.В. Логінова, К.О. Артюх	37
Підготовка кадрів	
● МУАЦ ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАНУ. Програми професійної підготовки на 2020 р.	44
Наші консультації	47
Сторінки історії ІЕЗ ім. Є.О. Патона. До 85-річчя ІЕЗ ім. Є.О. Патона	
● «Вулкан» на землі та в космосі. 50 років тому почалася ера космічних технологій. А.М. Корнієнко	50
Все для зварювання. Торговий Ряд	58
CONTENT	
News of technique and technologies	4
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. Oliyanenko	6
Technologies and equipment for nuclear power plants	
● A new domestic pipe cutter from the gamma of equipment for preparing for welding fixed joints of pipelines of nuclear power plants. L.M. Lobanov, N.M. Makhlin, V.E. Vodolazskiy, V.E. Popov, L.P. Mutsenko, D.S. Oliyanenko, S.I. Lavrov, A.A. Kirilenko, V.G. Prityka, A.V. Kovalyuk	15
Technologies of nondestructive testing	
● A simplified method for searching of large cracks and other damage of metal structures without cleaning their surface. V.A. Troitskiy, V.A. Litvinenko	21
Mechanization of welding production	
● Mechanization as means of expansion of the possibilities of implementation welding operations. G.I. Lashchenko, Yu.A. Nikityuk	24
Equipment for the production	
● Gas-oxygen cutter RGKM-1-SR for precision sheet cutting. V.M. Litvinov, Yu.N. Lysenko, S.A. Chumak	28
Thermal cutting and fixing. History of gas-flame treatment	
● The history of the creation of household and technological processes of heating, thermal cutting and fixing. V.I. Panov	34
Standardization	
● Risk analysis on the technical safety of power supplies and welded structures using NK and TD. A.G. Potapievskiy, Yu.K. Bondarenko, Yu.V. Loginova, K.O. Artyukh	37
Personnel training	
● MUAC of the E.O. Paton EWI NASU. Professional training programs for 2020	44
Our consultations	47
Pages history of E.O. Paton EWI. On the 85-th anniversary of E.O. Paton EWI	
● "Vulcan" on earth and in space. 50 years ago, the era of space technology began. A.N. Kornienko	50
All for welding. Trading row	58

Свидетельство о регистрации
КВ № 21846-11746 ПР от 22.01.2016

Учредители

Институт электросварки
им. Е. О. Патона НАНУ,
Общество с ограниченной
ответственностью
«Технопарк ІЕЗ им. Е. О. Патона»

Издатель

Научно-технический комплекс
«ІЕЗ им. Е. О. Патона» НАНУ

Информационная поддержка:

Общество сварщиков Украины
Журнал «Автоматическая сварка»
Национальный технический
университет Украины «КПИ»Журнал издается
при содействии UNIDO

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. Лашченко,
О. Г. Левченко, В. М. Литвинов,
Л. М. Лобанов, А. А. Мазур,
В. И. Панов, П. П. Проценко,
С. В. Пустовойт, И. А. Рязцев,
А. А. Сливинский

Редакционный совет

С. Ю. Максимов (председатель),
Н. В. Высоколян, П. А. Косенко,
М. А. Лактионов, Я. И. Микитин,
В. Н. Проскудин

Редактор

В. Г. Абрамишвили

Верстка

В. Г. Абрамишвили

Адрес редакции

03150, Киев, ул. Антоновича, 62 Б,
03150, Киев, а/я 337

Тел./факс

+380 44 200 80 14

E-mail

welder.kiev@mailto.com

URL

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

Представительство в Беларуси

Минск, УП «Белгазпромдиагностика»
А. Г. Стешиц
+375 17 210 2448, ф. 205 0868

Представительство в России

Москва, ООО «Специальные
сварочные технологии»
В. В. Сипко
+7 903 795 18 49
e-mail: ctt94@mail.ruЗа 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» обязательна.

Подписано в печать 12.12.2019. Формат 60x84 1/8.

Печать офсетная. Бумага офсетная.

Гарнитура PetersburgC. Усл. печ. л. 5,0. Уч.-изд. л. 5,2.

Зак. № 2678 от 04.12.2019. Тираж 900 экз.

Печать: ЧП «ИТЕК СЕРВИС», 2017.

Киев, ул. Шахтерская, 9. Тел./ф. (044) 591 1012, 591 1013.

© НТК «ІЕЗ им. Е. О. Патона» НАНУ, 2019

Подписка-2020
на журнал «Сварщик»
в каталоге «Укрпочта»
Подписной индекс
22405

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. Оліяненко

Описаны основные разработки созданного в 1993 г. специализированного хозрасчетного 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.

Новый отечественный труборез из гаммы оборудования для подготовки к сварке неповоротных стыков трубопроводов атомных электростанций.

Л.М. Лобанов, Н.М. Махлин, В.Е. Водолазский, В.Е. Попов, Л.П. Муценко, Д.С. Оліяненко, С.И. Лавров, А.А. Кириленко, В.Г. Притика, А.В. Ковалюк

Приведены результаты разработок ИЭС им. Е.О. Патона НАНУ и его подразделения - ГП «Научно-инженерный центр сварки и контроля в отрасли атомной энергетики Украины ИЭС им. Е.О. Патона НАНУ» (НИЦ СКАЭ) по созданию нового отечественного разъемного трубореза ТТЦ 670 УЗ.1 для подготовки к сварке неповоротных стыков металлических трубопроводов с номинальным внешним диаметром от 159 до 219 мм. Применение таких труборезов необходимо при монтаже, ремонте и модернизации объектов энергетики (в т. ч. энергоблоков атомных и тепловых электростанций), в химическом и энергетическом машиностроении, в судостроении, на предприятиях нефтегазового и аэрокосмического комплексов, и в др. отраслях. Описаны проведенные в ИЭС им. Е.О. Патона совместно с НИЦ СКАЭ исследования и экспериментально-технологические работы. Показаны преимущества разъемного трубореза ТТЦ 670 УЗ.1 по сравнению с зарубежными моделями оборудования аналогичного назначения.

Упрощенный метод поиска больших трещин и других пораженных металлоконструкций без зачистки их поверхности.

В.А. Троицкий, В.А. Литвиненко

Для решения проблем оценки качества долго эксплуатируемых металлоконструкций разработан метод АCFM - «Alternative Current Field Measurement» - «Метод измерения полей переменного тока». Указанный метод рекомендуется применять в Украине для поиска и оценки крупных дефектов без тщательной подготовки поверхности объекта. Представлено описание нового метода и дано его сравнение с др. похожими методами для выявления только крупных дефектов по упрощенным технологиям.

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 наплавки, а также своевременному выполнению контрактов.

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

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

Разработан и внедрен на ЧАО «НКМЗ» газокислородный резак РГKM-1-SR для прецизионной резки листа с помощью шарнирных машин АСШ-70 и переносных полуавтоматов типа «Радуга». Резак РГKM-1-SR имеет 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. 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.

Розробки, дослідження та досягнення ДП «Научно-инженерный центр зварювання та контролю в галузі атомної енергетики України ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАНУ».

Л.М. Лобанов, Н.М. Махлін, В.Є. Водолазський, В.Є. Попов, Л.П. Муценко, Д.С. Оліяненко

Описано основні розробки створеного в 1993 р. спеціалізованого підрозділу ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАНУ - Державного підприємства «Науково-інженерний центр зварювання та контролю в галузі атомної енергетики України Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України» (НІЦ ЗКАЕ). Наведено результати проведених в НІЦ ЗКАЕ розробок та досліджень, показані досягнення цього підрозділу, а також наведено перелік літератури, в якій викладені основні принципи, що використовувалися при проведенні в НІЦ ЗКАЕ науково-дослідних, дослідно-конструкторських та дослідно-технологічних робіт.

Новий вітчизняний труборіз з гамми обладнання для підготовки до зварювання неповоротних стиків трубопроводів атомних електростанцій.

Л.М. Лобанов, Н.М. Махлін, В.Є. Водолазський, В.Є. Попов, Л.П. Муценко, Д.С. Оліяненко, С.І. Лавров, А.А. Кіріленко, В.Г. Прітика, О.В. Ковалюк

Приведені результати розробок ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАНУ та його підрозділу - ДП «Науково-інженерний центр зварювання і контролю у галузі атомної енергетики України Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона НАНУ» (НІЦ ЗКАЕ) по створенню нового вітчизняного роз'ємного труборіза ТТЦ 670 УЗ.1 для підготовки до зварювання неповоротних стиків металевих трубопроводів з номінальним зовнішнім діаметром від 159 до 219 мм. Застосування таких труборізів потрібне при монтажі, ремонті та модернізації об'єктів енергетики (в т. ч. енергоблоків атомних та теплових електростанцій), в хімічному та енергетичному машинобудуванні, в суднобудуванні, на підприємствах нафтогазового і аерокосмічного комплексів, та в ін. галузях. Описані проведені в ІЕЗ ім. Є.О. Патона спільно з НІЦ ЗКАЕ дослідження і експериментально - технологічні роботи. Показані переваги роз'ємного труборіза ТТЦ 670 УЗ.1 в порівнянні із зарубіжними моделями обладнання аналогічного призначення.

Спрощений метод пошуку великих тріщин та інших поразок металлоконструкцій без зачистки їх поверхні.

В.О. Трійцький, В.А. Литвиненко

Для вирішення проблем оцінки якості довго експлуатованих металлоконструкцій розроблений метод АCFM - «Alternative Current Field Measurement» - «Метод вимірювання полів змінного струму». Зазначений метод рекомендується застосовувати в Україні для пошуку та оцінки великих дефектів без ретельної підготовки поверхні об'єкту. Представлено опис нового методу та дано його порівняння з ін. схожими методами для виявлення тільки великих дефектів за спрощеними технологіями.

Механізація як засіб розширення можливостей виконання зварювальних операцій.

Г.І. Лашенко, Ю.О. Нікітюк

Представлений досвід НВФ «ВИСП» по створенню засобів механізації зварювальних операцій у вигляді механічного зварювального обладнання (устаткування), установок для зварювання та наплавлення. Показано, що практика останніх років підтверджує актуальність використання різних засобів механізації не лише в частині підвищення продуктивності виконання зварювальних робіт, але особливо для поліпшення умов праці, стабілізації якості зварних з'єднань і наплавлень, а також своєчасному виконанню контрактів.

Газокисневий різак РГKM-1-SR для прецизійної різання листа.

В.М. Литвинов, Ю.М. Лисенко, С.А. Чумак

Розроблено та впроваджено на ПрАТ «НКМЗ» газокисневий різак РГKM-1-SR для прецизійної різання листа за допомогою шарнірних машин АСШ-70 та переносних напівавтоматів типу «Радуга». Різак РГKM-1-SR має переваги перед аналогами: зменшені ширина різку, радіус оплавлення верхньої крайки та ЗТВ, покращено якість поверхні різку, скорочені витрати енергоносіїв. Описано пристрій та робота різачка, наведені креслення деталей. Представлені фотографії пробивання отворів, врізання з кромки листа та процесу різання, виконаних синхронно з аналогом (різак РМ-2) за допомогою машини АСШ-70. Показаний процес зняття фасок під зварювання за допомогою напівавтомата «Зміна-2М» та наведені фотографії поверхні різку.

Автоматический сварочный комплекс «СТЫК» нового поколения.

В ИЭС им. Е.О. Патона ведутся работы по созданию новой технологии и оборудования для электродуговой автоматической сварки. Разработан технический проект комплекса оборудования, технологии и сварочных материалов для автоматической электродуговой сварки неповоротных стыков труб порошковой проволокой с принудительным формированием металла шва.

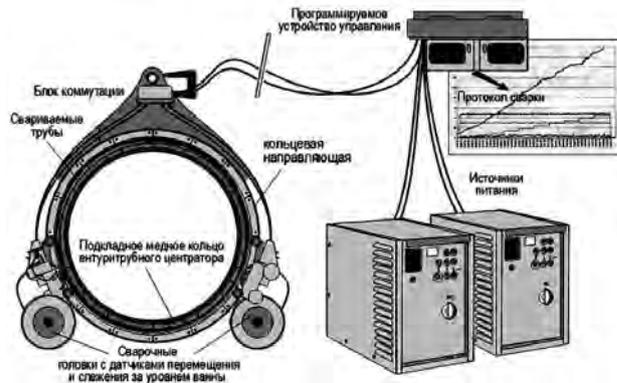
Сварка стыков труб магистральных трубопроводов. Технология предусматривает выполнение всех проходов сварного соединения орбитальным способом «снизу – вверх» двумя сварочными головками аппарата в полностью автоматическом режиме с программным управлением. Запуск программы осуществляется после установки подвески со сварочными головками на заранее смонтированные направляющие пояса. Следящая система датчиков обеспечивает поступление информации о положении сварочной головки, скорости перемещения, угле наклона проволоки, частоте и амплитуде колебаний электродной проволоки, погонной энергии сварки и параметрах горения дуги. Системой управления предусмотрена диагностика состояния и технических параметров сварочных головок.

Задачей оператора остается установка аппарата на стартовую позицию и снятие по завершении сварки, а также оперативное реагирование на срабатывание сигнальной системы в случае отклонений от выполнения программы.

При сварке неповоротных стыков труб с принудительным формированием шва (электрогазовой сварке) расплавленный металл сварочной ванны удерживается от стекания формирующим приспособлением (ползуном, подкладкой). Плавильное пространство заполняется расплавленным присадочным металлом порошковой проволоки. При этом на поверхности формирующих приспособлений откладывается слой сварочного шлака, образующегося при плавлении порошковой проволоки.

Реализация такого процесса при изменении пространственного положения сварочной ванны стала возможной за счет регулирования положения электрода и выбора его состава, способного генерировать при плавлении требуемые количества шлака и газа. Процесс построен на учете и регулировании соответственно положению шва в пространстве действия сил гравитации, давления дуги и газового потока, а также сил межфазного натяжения.

В процессе движения аппарата орбитально вдоль стыка труб электродная проволока перемещается по плавильному пространству, а также изменяется угол наклона электродной проволоки по отношению к касательной к окружности трубы соответственно положению сварочной ванны в пространстве. При этом сварочная ванна с помощью формирующих приспособлений удерживается в заданной зоне благодаря следящей системе.



Внутритрубный самоходный центрактор. Сварку корневого шва выполняют на медном или керамическом подкладном кольце. Для формирования обратного валика корня стыка в секционной разжимной подкладке предусмотрен профильный паз необходимой формы. Подкладка состоит из отдельных элементов специальной конструкции, установленных на внутритрубном центракторе.

При разжимании секций подкладка образует сплошное кольцо, которое плотно прилегает к стыку труб. Поверхность сварного шва во всех пространственных положениях сварки принудительно формируется специальным устройством – ползуном, который перемещается вместе со сварочной головкой орбитально по трубе и обеспечивает формирование шва заданного размера, формы и состояния поверхности. Использование метода принудительного формирования шва обеспечивает стабильно высокие показатели качества и отличную геометрию швов.

Способ сварки можно быстро адаптировать для соединения труб из различных по составу и свойствам сталей и геометрических параметров труб. Разработан проект комплекса для сооружения морских трубопроводов с трубоукладочных барж.

Новый комплекс оборудования, технологии и материалов для автоматической дуговой сварки неповоротных стыков труб магистральных трубопроводов по показателям производительности и качества отвечает, а по ряду показателей превышает мировые достижения.

www.stc-paton.com

●#1877

Новые аппараты ПАТОН™ для аргонодуговой сварки и плазменной резки металлов



ОЗСО ИЭС им. Е.О. Патона продолжает радовать новинками сварочного оборудования. В 2019 г. были представлены мощные инверторные сварочные аппараты ВДИ-500 PRO и ПСИ-500 PRO. Сейчас на финальной стадии находится разработка еще двух аппаратов промышленного предназначения – аргонодугового инвертора на 315 А и нового аппарата для воздушно-плазменной резки.

АДИ-315 PRO AC/DC предназначен для TIG сварки цветных металлов и их спла-

вов как постоянным, так и переменным током. При этом максимальный ток нового сварочного инвертора составляет 315 А, при питании от сети 380/400 В. В отличие от предыдущей модели, в новом аппарате, помимо увеличения мощности, добавлены новые возможности: подключение педали, а также полностью мультиязычный интерфейс с возможностью выбора трех языков меню: украинский, английский, русский.

Инверторный плазморез ПРИ-100S предназначен для резки металла любого вида, а также сплавов. Номинальный ток аппарата составляет до 100 А, чего достаточно для резки металлических изделий и заготовок толщиной до 35 мм. Отличительной особенностью новинки является сочетание весьма значительной мощности с малыми весогабаритными характеристиками.

www.paton.ua

●#1878

Разработки и технологии от Fronius для сварки стали Transsteel System 3500/5000

Компания Fronius стремится обеспечить безупречное качество сварки. Технология «Steel Transfer Technology» представляет собой пакет специальных разработок, накопленных для применения в области сварки стали. Эксперты разработали соответствующие характеристики для стабильного и аккуратного поджига дуги и для точного завершения сварки. Новые разработки распространяются и на конструкцию аппарата, например, на приспособление для крепления шлангового пакета, которое встроено непосредственно в плату двигателя механизма подачи проволоки. В результате сварочная проволока подается оптимальным путем, без дополнительных деталей, непосредственно от механизма подачи к точке контакта. Это обеспечивает максимально стабильную подачу проволоки и меньший износ деталей.

Интегрированные настройки. Отличные сварочные характеристики - продукт комплексного взаимодействия всех устройств системы во время поджигания дуги, при сварке и завершении сварки. Полуавтоматы TransSteel это отличная слаженная система для сварки стали с технологией «Steel Transfer Technology». Данная технология - разработка инженеров фирмы Fronius и представляет собой набор сварочных программ для превосходной сварки стали.

Функция Steel Root. Эта функция предназначена для получения мягкой и стабильной короткой дуги, создающей хорошо управляемую сварочную ванну. Безупречная сварка

корня шва без подложки и отличная сварка по зазору являются сильными аргументами, которые убедят любого сварщика.

Функция Steel Dynamic. Эта функция предназначена для получения более концентрированной и гибкой дуги. Результат работы данной функции - более глубокое, узкое проплавление и повышенная скорость сварки.

Функция Steel. Универсальная функция, предназначенная для быстрой и простой настройки параметров при сварке стали. Она позволяет охватить широкий диапазон применения при сварке стали.

Другими особенностями технологии «Steel Transfer Technology» являются быстрое и аккуратное начало сварки и точное завершение сварки. Вследствие этого улучшается последующий поджиг дуги.



www.fronius.ua

● #1879

Автоматическая сварка под флюсом: сварочный трактор Jasic MK-1

Компания Jasic предлагает оборудование для автоматической сварки под флюсом (SAW), в т.ч. сварочный трактор Jasic MK-1 с блоком управления, который отвечает за прокладку качественного сварного шва и за автоматизацию.

Сварочный трактор применяется там, где нужно прокладывать сварные швы значительной длины и при этом поддерживать высокое качество соединений, например, при строительстве мостов. Известный мост-долгострой Киева - Подольский наконец-то приобретает законченный вид и помогает ему в этом оборудование в т.ч. и от компании Jasic - сварочный трактор MK-1.

В процессе автоматической сварки под флюсом горение дуги происходит между проволокой и основным металлом. Столб дуги и сварочная ванна из жидкого металла со всех сторон плотно закрыты слоем флюса толщиной 30-35 мм. В процессе горения дуги часть флюса расплавляется, образуя вокруг дуги газовую полость, а на поверхности расплавленного металла - жидкий шлак, который надежно защищает сварочный шов от окружающей среды.

Сварочный трактор Jasic MK-1 для автоматической SAW сварки под флюсом подойдет для выполнения длинных прямолинейных и кольцевых швов в нижнем положении при серийном и массовом производствах. Минимальный ток сварки составляет 100 А, а максимальный - 1000 А или 1250 А в зависимости от комплектации и модели источника питания. Продолжительность включения трактора Jasic MK-1 максимально возможна и составляет 100%.

Сварочный трактор Jasic MK-1 обеспечивает стабильную сварку всеми видами проволоки диаметром от 2 до 6 мм. Для обеспечения наилучшего позиционирования сварочную головку и поперечную балку можно перемещать по вертикальной и горизонтальной оси, а также вращать. Четырехроликовый механизм подачи проволоки обеспечивает стабильную подачу проволоки, качественную центровку, значительное усилие прижима и минимальные потери мощности, скорость подачи проволоки составляет 0,3 - 3,0 м/мин.

Каретка трактора представляет собой подвижную тележку на колесах. Она приводится в движение электродвигателем постоянного тока с плавно регулируемой скоростью. Скорость сварки

можно изменять в широком диапазоне от 0,1 до 1,5 м/мин. На каретке находится рукоятка, которая позволяет переключать режимы перемещения - режим «AUTO» движение трактора осуществляется автоматически, в режиме «MANUAL» - трактор может перемещаться вручную, что необходимо для точного позиционирования трактора относительно свариваемых деталей. Блок управления сварочного трактора Jasic MK-1 позволяет управлять всеми процессами непосредственно с пульта.

При использовании на производстве сварочных тракторов JASIC MK-1 повышается продуктивность сварки в 10-15 раз по сравнению с др. способами сварки, достигается однородность шва и повышается качество наплавленного металла, значительно снижаются расходы сварочной проволоки в связи с уменьшением потерь металла на выгорание и разбрызгивание. Так, потери электродной проволоки на разбрызгивание составят 1,5-2 %, в свою очередь для сварки открытой дугой этот показатель находится на уровне 20-30 %. Сварка под флюсом значительно облегчает работу операторов и исключает негативное влияние сварочной дуги на органы зрения, поскольку весь процесс происходит в закрытой шлаковой корковой ванне.

Сварочный трактор Jasic MK-1 входит в комплект поставки систем автоматической сварки Jasic MZ-1000 и Jasic MZ-1250.



www.jasic.ua

● #1880

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 Заказчиком 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 технологичной 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 626.03.00.000П, 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 продления 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 \varnothing от 14 до 38 мм и толщиной стенки до 5 мм, ТРЦ 76 УЗ.1 для металлических труб с номинальными наружным \varnothing от 38 до 76 мм и толщиной стенки до 7 мм и труборез разъемный ТТЦ 660 УЗ.1 для металлических труб с номинальными наружным \varnothing 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 \varnothing 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 \varnothing 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. Пышний, 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. Каравачев, 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. конфер. 7-11.10.2008 г. «Экология окружающей среды – 2008. Энерго- и ресурсосбережение в промышлен., энер-ке 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., Роцин 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 промышлен. 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 О.Є., Свириденко А.О. Апаратно-програмні комплекси автоматичного зварювання неповоротних стиків трубопроводів атомних електростанцій. // Наука та інновації. – 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 України № 101534. Патон Б.Є., Махлин Н.М., Коротынский О.Є., Богдановский В.О., Скопюк М.И., Бурак В.Ю. Спосіб автоматичного дугового зварювання неплавким електродом та пристрій для його здійснення / Опубл. 10.04.2013. – Бюл. № 7, 2013.

23. Патент України № 108508 С2. Лобанов Л.М., Махлин Н.М., Коротынский О.Є., Полосков С.И., Водолазский В.Е., Скопюк М.И., Бурак В.Ю., Сипаренко О.Г., Шолохов М.О. Спосіб багатопрохідного зварювання неплавким електродом з подаванням присадкового дроту та пристрій для його реалізації / Опубл. 12.05.2015. – Бюл. № 9, 2015.

24. Патент України № 108508 С2. Лобанов Л.М., Махлин Н.М., Коротынский О.Є., Проскудин В.М., Бурак В.Ю., Тихонько К.С., Скопюк М.И., Водолаз-

ський В.Є., Сипаренко О.Г., Оліяненко Д.С. Багато-постова система автоматичного орбітального зварювання неплавким електродом / Опубл. 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.О. Обладнання для підготування неповоротних стиків трубопроводів до зварювання. // Наука та інновації. – 2015. – Т. 11. – № 5. – С. 50-67.

28. Патент України на корисну модель № 102582. Лобанов Л.М., Смоляков В.К., Водолазський В.Є., Махлин Н.М. Портативний пристрій для обробки торців та крайок труб при їх підготуванні до зварювання / Опубл. 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 України № 86609. Патон Б.Є., Коротинський О.Є., Богдановський В.О. та ін. Спосіб оцінювання парамет. руху зварюв. дуги в дугових тренаж. системах / Опубл. 25.05.2009. – Бюл. № 10, 2009.

43. Патент України № 87395. Лобанов Л.М., Богдановський В.О., Коротинський О.Є. та ін. Дуговий тренажер зварника / Опубл. 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. / Опубл. 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 / Опубл. 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.

●#1881

Новый отечественный труборез из гаммы оборудования для подготовки к сварке неповоротных стыков трубопроводов атомных электростанций

Л.М. Лобанов, акад. НАНУ, д.т.н., ИЭС им. Е.О. Патона НАНУ, **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), **С.И. Лавров**, **А.А. Кириленко**, **В.Г. Притыка**, **А.В. Ковалюк**, ОП «Атомэнергомаш» ГП «НАЭК «Энергоатом» (Энергодар, Запорожская обл.)

Приведены результаты разработок Института электросварки им. Е.О. Патона НАН Украины и его специализированного подразделения – Государственного предприятия «Научно-инженерный центр сварки и контроля в отрасли атомной энергетики Украины Института электросварки им. Е.О. Патона НАН Украины» (НИЦ СКАЭ) относительно создания образца трубореза для подготовки к дуговой сварке стыков металлических трубопроводов с номинальным внешним диаметром от 159 до 219 мм. Это позволило завершить разработку гаммы современных отечественных труборезов с внешним базированием и безопасным унифицированным пневмоприводом. Применение таких труборезов необходимо при монтаже, ремонте и модернизации объектов энергетики (включая энергоблоки атомных и тепловых электростанций), в химическом, фармакологическом и энергетическом машиностроении, в судостроении, на предприятиях нефтегазового и аэрокосмического комплексов и в др. отраслях промышленности и строительства Украины.

Принимая во внимание, что при сооружении, монтаже, модернизации и для обеспечения продления ресурса технологических трубопроводов и др. металлоконструкций потенциально опасных производств необходимо выполнять значительный объем сварочных работ (например, строительство и монтаж новых энергоблоков атомных электростанций (АЭС) с реакторами типа ВВЭР требует выполнения больше 120 000 сварных соединений на одном энергоблоке), есть все основания утверждать – альтернативы применению автоматических способов сварки нет [1-4]. Однако, отсутствие гаммы 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 энергетиче-

ки и др. отраслей экономики Украины. До настоящего времени организации и предприятия отраслей энергетики, в т. ч. атомной, и др. отраслей экономики Украины вынуждены применять зарубежное оборудование аналогичного назначения, которое по своим свойствам может удовлетворять отечественных пользователей лишь частично. Характерная особенность трубопроводов энергоблоков АЭС, являющихся базовыми элементами технологических цепочек этих объектов, заключается в том, что в процессе их эксплуатации они подвергаются влиянию (в основном одновременно) значительного давления, высоких температур, больших движущихся масс воды и пара, проникающей ионизирующей радиации [4]. Учитывая, что ресурс, надежность, ядерная и радиационная безопасность энергоблоков АЭС и др. потенциально опасных производств во многом определяются состоянием и ресурсом технологических трубопроводов, последние были выделены в отдельную группу устройств энергоблоков АЭС с регламентацией правил и норм выполнения, диагностики и контроля сварных соединений этих трубопроводов [4-6]. На практике достоверно установлено, что качество сварных соединений трубопроводов, отвечающее современным требованиям, в значительной степени (почти всегда – в решающей) зависит от качества предшествующей сварке обработки торцов или кромок разделки их стыков и от качества сборки деталей трубопроводов непосредственно перед сваркой [1, 2, 4-7]. Поэтому создание и освоение отечественного промышленного производства современного оборудования для подготовки к сварке неповоротных стыков трубопроводов является актуальной научно-технической задачей, которая в 2014-2017 гг. в значительной мере была решена в ИЭС им. Е.О. Патона НАНУ и НИЦ СКАЭ путем разработки, модернизации и освоения промышленного изготовления инновационных моделей торцевателей ТРЦ 38 УЗ.1 для металлических труб \varnothing от 14 до 38 мм, ТРЦ 76 УЗ.1 для металличе-

ских труб \varnothing от 38 до 76 мм и трубореза разъемного ТТЦ 660 УЗ.1 для металлических труб \varnothing от 108 до 159 мм [8]. В 2018 г. в НИЦ СКАЭ на базе модернизированного торцевателя ТРЦ 76 УЗ.1 был создан торцеватель ТРЦ 108 УЗ.1 для металлических труб \varnothing от 76 до 108 мм [9], а в декабре 2018 г. началась разработка трубореза разъемного ТТЦ 670 УЗ.1 для металлических труб \varnothing от 159 до 219 мм, что вызвало потребность выполнения ряда дополнительных исследований и опытно-технологических работ.

При проведении таких исследований и выполнении опытно-технологических работ изучалось влияние на качество сварных соединений точности подготовки кромок деталей металлических трубопроводов с номинальным внешним \varnothing 159 и 219 мм, конструктивные элементы которых соответствуют требованиям ПН АЭ Г-7-009-89, ОСТ 24.125.02-89, а также определялись области оптимальных режимов обработки этих кромок резанием.

Для исследований и опытно-технологических работ использовались образцы-имитаторы деталей трубопроводов из стали 08Х18Н10Т и стали 20 с номинальными \varnothing 159 и 219 мм, с номинальной толщиной стенки 6,0, 5,0, 12,0 мм соответственно. Кромки образцов-имитаторов деталей трубопроводов, используемых для исследований и опытно-технологических работ, обрабатывали с помощью токарно-винторезного станка 1М61 и фрезерного станка 6Р82Ш.

Обработку кромок разделки стыков образцов-имитаторов деталей трубопроводов, подвергаемых испытаниям, для имитации отклонений от линейных и угловых размеров, регламентированных ПН АЭ Г-7-009-89 и ОСТ 24.125.02-89 для сварных соединений типа С-42 и С-23, осуществляли в соответствии с *табл. 1*, при этом асимметрия углов скоса кромок разделки образцов деталей трубопроводов для имитации отклонений от нормативных значений для труб с номинальными размерами (159×6,5 и 219×12,0) мм, составляла 4, 5 и 8 угл. град.

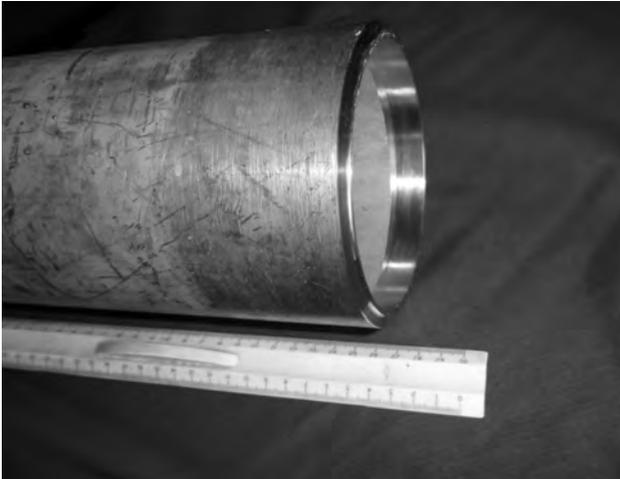
В процессе обработки образцов-имитаторов деталей трубопроводов из стали 08Х18Н10Т и стали 20 контроль их линейных и угловых размеров выполняли с использованием стандартных средств измерений, в частности, штангенциркулей ШЦ-П-160 и ШЦ-П-250 по ГОСТ 166 (наибольшая погрешность измерений $\pm 0,07$ и $\pm 0,08$ мм соответственно), стенкомеров индикаторных С-10А и С-25 по ГОСТ 11358 (наибольшая погрешность измерений $\pm 0,02$ и $\pm 0,10$ мм соответственно), угломера с нониусом УТ 127 с диапазоном измерения от 0 до 180 угл. град и наибольшей погрешностью измерений ± 2 угл. мин. [10].

Основную часть обработанных согласно *табл. 1* образцов-имитаторов деталей трубопроводов из стали 08Х18Н10Т и стали 20, которые использовались для исследований и опытно-технологических работ, подвергали многопроходной автоматической орбитальной сварке неплавящимся электродом в среде аргона (GTAW-сварке) с подачей присадочной проволоки и колебаниями неплавящегося электрода, для чего использовали опытные образцы разработанных в НИЦ СКАЭ автоматов орбитальных АДЦ 629 УХЛ4 и АДЦ 630 УХЛ4 [11], а часть этих образцов-имитаторов – многопроходной ручной сварке неплавящимся электродом в среде аргона с подачей присадочной проволоки (многопроходной TIG-сварке). Для осуществления TIG-сварки применяли разработанные ранее в НИЦ СКАЭ опытные образцы источника питания ИЦ 617 УЗ.1 для TIG- и GTAW-сварки, модуля силового питания МПС-101 УЗ.1 и электронного регулятора сварочного тока РДГ-201 УЗ.1 [12], а также горелку АВТIG GRIPP 26 (фирмы Abicor Binzel) с вольфрамовым электродом марки WT20 диаметром 3,15 мм. При опытных сварках стыков деталей трубопроводов со стали 08Х18Н10Т в качестве присадочного материала использовали проволоку Св-04Х19Н11МЗ, а при опытных сварках стыков деталей трубопроводов из стали 20 – проволоку Св-08Г2С, при этом диаметр этих проволок составлял 1,6-2,0 мм.

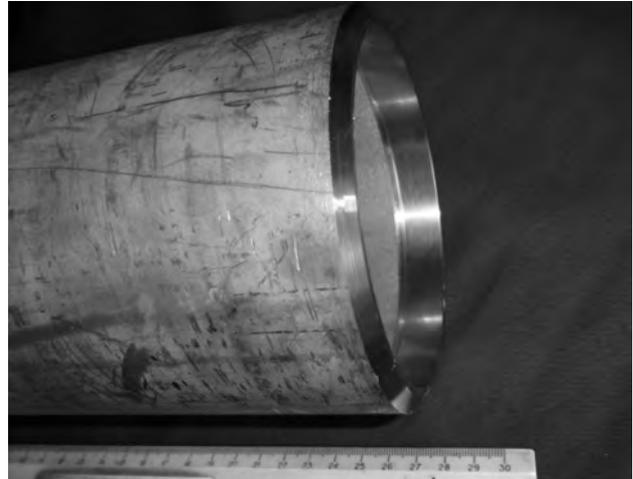
Таблица 1. Линейные размеры кромок разделки образцов деталей трубопроводов для имитации отклонений от регламентированных значений *

Номинальные размеры трубы (D×S), мм	Разделка кромок						
	Диаметр расточки d_p , мм		Толщина стенки в месте расточки, не менее, мм	Притупление (S – M) при $S_1 = S_2$, мм			
	Номинальное значение	Наибольшее допустимое отклонение		$S_1 - M_1$	$S_2 - M_2$		
					$M_2 = M_1$	$M_2 = M_1 + 1$	$M_2 = M_1 + 1,5$
159 × 6,5	149	+0,26	3,8	$2,7^{+0,3}$	$2,7^{+0,3}$	$3,7^{+0,3}$	$4,2^{+0,3}$
219 × 12,0	199	+0,30	8,8	$3,0^{+0,3}$	$3,0^{+0,3}$	$4,0^{+0,3}$	$4,5^{+0,3}$

*Примечание. Пояснения условных обозначений размеров S_1 , S_2 , M_1 и M_2 приведены в [8]



а



б

Рис. 3. Внешний вид кромок обработанных образцов труб диаметром 133 мм: а – кромка трубы с U-подобной разделкой, б – кромка трубы с V-подобной разделкой

ющих частей, а также обеспечило возможность полного отказа от импорта оборудования аналогичного назначения. При разработке нового отечественного трубореза ТТЦ 670 УЗ.1 использовался накопленный в ИЭС им. Е.О. Патона и НИЦ СКАЭ опыт проектирования, изготовления, испытаний и опытно-промышленной эксплуатации опытного образца трубореза ТТЦ 660 УЗ.1, а также международный опыт создания образцов оборудования аналогичного назначения [15-19] с учетом того, что ранее подобное оборудование в Украине не разрабатывалось и промышленно не изготавливалось.

2. Исследованы и рассмотрены основные вопросы влияния на качество сварных соединений точности подготовки к сварке торцов и кромок деталей неповоротных стыков металлических трубопроводов энергоблоков АЭС Ø от 159 до 219 мм из сталей аустенитного и перлитного классов, а также определены области оптимальных режимов механической обработки этих торцов и кромок.

3. Технические параметры и характеристики, результаты испытаний и опытно-промышленной эксплуатации опытного образца трубореза разъемного ТТЦ 670 УЗ.1 дают все основания считать, что, в сравнении с лучшими зарубежными образцами труборезов для подготовки к ручной или автоматической сварке торцов и кромок деталей неповоротных стыков трубопроводов, разработанный в НИЦ СКАЭ труборез ТТЦ 670 УЗ.1 обеспечивает:

- расширение технологических возможностей оборудования для подготовки к сварке торцов и кромок деталей неповоротных стыков металлических трубопроводов независимо от их пространственного положения (в т. ч. трубопроводов «безграничной» длины);
- безопасность при эксплуатации и оптимальную массу за счет оснащения трубореза унифицированным серийным пневмоприводом, нормально функционирующем, если давление

сжатого воздуха, поступающего на вход блока подготовки воздуха трубореза, составляет от 0,42 до 0,63 МПа (от 4,2 до 6,3 кгс/см²);

- возможность установки и использования при выполнении операций отрезания (торцевания) двух независимых суппортов, что оптимизирует режимы и распределение усилий резания, а также предоставляет возможность автоматической подачи резцов и повышения производительности процессов механической обработки торцов и кромок деталей неповоротных стыков металлических трубопроводов;
- повышение качества и точности подготовки к ручной или автоматической сварке торцов и кромок деталей неповоротных стыков трубопроводов за счет внешнего базирования и улучшения условий центрирования соосно с продольными осями обрабатываемой трубы и механизма базирования;
- упрощение и удешевление технического обслуживания трубореза за счет максимально возможного использования в нем отечественных комплектующих изделий и материалов, максимально возможной унификации узлов и механизмов и существенного улучшения ремонтнопригодности этого трубореза;
- снижение не менее, чем в 1,5-2,0 раза себестоимости этого изделия.

4. Испытания и опытно-промышленная эксплуатация опытных образцов отечественных труборезов ТТЦ 660 УЗ.1 и ТТЦ 670 УЗ.1, а также дальнейшее освоение их промышленного производства создают необходимые предпосылки для оснащения производственных, монтажных и ремонтных подразделений и предприятий отрасли энергетики и др. отраслей экономики Украины эффективным современным отечественным оборудованием для подготовки к ручной или автоматической сварке торцов и кромок деталей неповоротных стыков металличе-

ских трубопроводов, что обуславливает устранение одного из главных факторов, препятствующих широкомасштабному внедрению как отработанных, так и новейших отечественных технологий автоматической сварки неповоротных стыков металлических трубопроводов.

*В заключение авторы отмечают, что к конструированию образца трубопровода ТТЦ 670 УЗ.1 был привлечен инженер **В.К. Смоляков** (НИЦ СКАЭ), а в испытаниях, исследованиях и осуществлении контроля сварных образцов-имитаторов активное и непосредственное участие приняли инженеры **В.Б. Кудряшев** и **В.Г. Курнишов** (ОП «Атомэнергомах» ГП «НАЭК «Энергоатом»).*

Настоящая работа является инициативным продолжением со стороны ИЭС им. Е.О. Патона НАН Украины и НИЦ СКАЭ научно-технического проекта НАН Украины (2014) «Відпрацювання процесів підготування неповоротних стиків трубопроводів АЕС діаметром 14-159 мм до автоматичного орбітального зварювання неплавким електродом та створення дослідних зразків імпортозамінюючого обладнання для реалізації цих процесів».

Литература

- Белкин А.С., Шефель В.В. Автоматическая аргонодуговая сварка при монтаже трубопроводов АЭС. // Энергет. строительство. – 1985 – № 11. – С. 43-46.
- Рощин В.В., Хаванов В.А., Акулов Л.И., Букаров В.А. Сварка при монтаже оборудования и металлоконструкций реакторных установок./Сварка в атомной промышленности и энергетике. Труды НИКИМТ. – М.: Издат. АТ, 2002. - Т.1. – С. 81-118.
- Букаров В.А. Технология дуговой автоматической сварки в защитных газах. / Там же, 2002. – Т.1. – С. 149-210.
- Гриненко В.И., Рощин В.В., Хаванов В.А., Полосков С.И. К вопросу об автоматизации сварки монтажных стыков трубопроводов атомных электростанций. // Технология маш-ния. – 2008. – № 8. – С. 48-51.
- Оборудование и трубопроводы атомных энергетических установок. Сварка и наплавка. Основные положения (ПН АЭ Г-7-009-89). / Госатомэнергонадзор СССР. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 190 с.
- Оборудование и трубопроводы атомных энергетических установок. Сварные соединения и наплавки. Правила контроля (ПН АЭ Г-7-010-89). / Госатомэнергонадзор СССР. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 130 с.
- Полосков С.И., Букаров В.А., Ищенко Ю.С. Влияние отклонений параметров режима аргонодуговой сварки неповоротных стыков труб на качество сварных соединений. / Сварка и смежные технологии. Всероссийская научно-техническая конференция. Сб. докладов. – М.: МЭИ (ТУ). – 2000. – С. 22-25.
- Лобанов Л.М., Махлин Н.М., Смоляков В.К., Свириденко А.О. Обладнання для підготування неповоротних стиків трубопроводів до зварювання. // Наука та інновації. – 2015. – Т.11. – № 5. – С. 50-67.
- Лобанов Л.М., Махлин Н.М., Водолазский В.Е., Попов В.Е., Муценко Л.П., Олияненко Д.С., Лавров С.И., Кириленко А.А., Притыка В.Г., Ковалюк А.В. Новый торцеватель из гаммы отечественного оборудования для подготовки к сварке неповоротных стыков трубопроводов атомных электростанций. // Сварщик. – 2019. – № 5. - С. 20-24.
- Троицкий В.А. Визуальный и измерительный контроль металлоконструкций и сооружений. – Киев: Феникс, 2012. – 276 с.
- Махлин Н.М., Коротинский О.Є., Свириденко А.О. Апаратно-програмні комплекси для автоматичного зварювання неповоротних стиків трубопроводів атомних електростанцій. // Наука та інновації. – 2013. – Т.9. – № 6. – С. 31-45.
- Махлин Н.М., Коротинский 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.
- Троицкий В.А. Краткое пособие по контролю качества сварных соединений. – Киев: Феникс, 2006. – 320 с.
- Справочник технолога-машиностроителя. / Под ред. А.М. Дальского, А.Г. Суслова, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 2001. – Т.2. – 944 с.
- Белоусов А.Н., Чернышев Г.Г. Некоторые вопросы подготовки стыков труб под сварку. // Свароч. пр-во. – 1977. – № 4. – С. 39-41.
- Волков В.А. Специальное металлорежущее оборудование. // Технология машиностроения. – 2000. – № 5. – С. 6-10.
- <http://www.protem.fr/>
- <http://www.polysoude.com/>
- <http://www.esab.com/>

●#1882

Упрощенный метод поиска больших трещин и других поражений металлоконструкций без зачистки их поверхности

В.А. Троицкий, д.т.н., В.А. Литвиненко, ИЭС им. Е.О. Патона НАНУ (Киев)

Трещинообразование, коррозионное поражение и старение металла являются основными недостатками долго эксплуатируемых металлоконструкций. Чаще всего эти сооружения имеют неблагоприятные условия для хорошей зачистки поверхности зон контроля. Для решения проблем оценки качества таких объектов разработан метод АСФМ - «Alternative Current Field Measurement», что переводиться как – «Метод измерения полей переменного тока». Название не очень удачное, но метод достаточно хороший, надо начинать применять его в Украине для поиска и оценки крупных дефектов без тщательной подготовки поверхности объекта. Могут быть использованы и распространенные методы неразрушающего контроля, такие как вихрековые, магнитные, электромагнитно-акустические. Они имеют те же физические основы, что и в АСФМ. Поэтому, в статье, кроме описания нового метода, дано его сравнение с другими похожими методами для выявления только крупных дефектов по упрощенным технологиям.

Метод АСФМ был разработан для поиска и надежного определения размеров крупных дефектов в процессе эксплуатации конструкций без зачистки их поверхностей. Он применим и под водой, при шероховатых или корродированных поверхностях, через защитные слои различных покрытий. Он не рассчитан на выявление мелких дефектов, на сверхчувствительность, которая далеко не всегда нужна для массовых металлоконструкций. В большинстве случаев, когда выявляются мелкие дефекты, что с ними делать, как правильно поступить, мало кто знает. Известно, что для особо ответственных объектов, к примеру, для труб магистральных газопроводов подробно описываются все возможные дефектные ситуации. Например, поры диаметром 3,2 мм допустимы, а их сочетание с другими дефектами требуют ремонта. Подобных задач метод АСФМ не решает. Это метод для быстрой упрощенной оценки состояния объекта.

Важной особенностью этого метода является то обстоятельство, что он не требует эталонирования. Безэталонное определение размера дефекта, является важным преимуществом этого метода по сравнению с др. методами неразрушающего контроля (НК). По выявляемости протяженных трещин он почти соответствует возможностям магнитно-порошкового контроля. Он может также применяться при проверке подводных сварных швов. При этом, количество крупных пропущенных де-

фектов и ложных сигналов у него ниже, по сравнению с традиционными методами, максимально нацеленными на выявление всех дефектов. Такой подход в диагностике можно было бы назвать Crack Testing (поиск трещин).

Сравнение близких по физическим основам к АСФМ методов НК, которые могут быть также применимы для упрощенного обнаружения крупных трещин, приведено в табл. 1. Скорость сканирования нового метода может достигать 0,3 м/с. Это эффективный метод оценки крупных трещин и некоторых др. показателей качества объекта.

В результате сравнения родственных методов НК, приведенных в таб. 1, можно отметить, что метод АСФМ обладает следующими преимуществами:

- оцениваться как глубина, так и длина трещины;
- работает на поверхностях ферромагнитных и цветных металлов;
- краски (покрытия, едкие продукты) не влияют на качество сигнала;
- требуется только минимальная подготовка для грубых дефектов поверхности;
- не требует контактной жидкости, расходных материалов;
- может использоваться по горячей поверхности, при наличии радиационного фона, в водной среде.

Таблица 1. Сравнение родственных методов НК для поиска трещин без зачистки поверхности металла*

Свойства	Методы				
	АСФМ	Магнитных полей рассеяния	Вихрековый	ЭМА	Магнито-порошковый
Объективность оценки	+	-	-	+	+
Низкое качество поверхности	+	±	±	+	+
Необходимость расходных материалов	-	-	-	-	+
Для цветных металлов	+	-	+	-	-
Измерение толщины	+	+	-	+	±
Определение трещины, ее длины без калибровки	+	+	-	+	+
Низкий уровень сигналов	+	±	±	+	±

* Принятые обозначения в таблице: + да, ± приемлемо, частично ограничено, - нет

Сегодня метод АCFM используется [1, 2] для трубопроводов и элементов конструкции, плавучих буровых установок, технологических трубопроводов в нефтяной и газовой промышленности, мостов, кранов в полевых условиях. При этом преобразователь не требует прямого контакта с поверхностью изделия, работает через такие покрытия, как краска, ржавчина и защитные покрытия изделий.

Метод АCFM разработан компанией TSC Inspectionsystems (TSC) в начале 1990 г. для морских сооружений и резьбовых соединений [1].

Кроме того, компания TSC разработала: метод измерения падения напряжения переменного поля (Alternating Current Potential Drop - ACPD), систему бесконтактного измерения напряжения (ACSM), которые сегодня активно внедряются в различных отраслях промышленности по всему миру.

Рассмотрим, из чего состоит дефектоскоп АCFM.

В преобразователе АCFM находится катушка индуктивности, по которой протекает переменный электрический ток. Под действием электромагнитного поля ток индуцируется в объект контроля. В бездефектной поверхности наведенный ток равномерно распределен под преобразователем.

Простейшая структура преобразователя АCFM (рис. 1) содержит две катушки и магнитный датчик, находящийся внутри преобразователя. Преобразователь с магнитным датчиком движется в определенном направлении. Когда трещины нет, значения магнитных индукций B_x и B_z - однородны, но при обнаружении трещины значения магнитной индукции изменяются. Изменение значений магнитной индукции сравнивается с первичными значениями. Каждая катушка на рис. 1 состоит из 36 витков медного провода $\varnothing 0,5$ мм. Среднеквадратичное значение тока составляет 0,6 А, а частота 6 кГц.

Как показано на рис. 2 равномерность электрического (вихревого) тока нарушается при наличии трещины. При этом ток течет вокруг концов и всей поверхности трещины. Внутри преобразователя АCFM находится магнитный датчик, который фиксирует магнитные поля рассеяния над дефектом. Сигнал, пропорциональный индукции магнитного поля B_x реагирует на уменьшение поверхностной плотности электрического тока, когда ток обтекает поверхность трещины. Другая составляющая этого поля B_z реагирует на полюсы, возникающие при обтекании электрического тока вокруг концов трещины. Трещи-

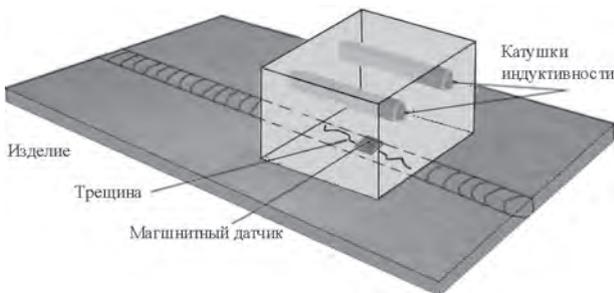


Рис. 1. Устройство преобразователя АCFM

ны могут быть распознаны и количественно оценены по сигналам возмущенного магнитного поля, которые они вызвали. В преобразователе магнитный датчик может быть в виде магнитной матрицы, фиксирующей изменения магнитных составляющих B_x , B_z полей, наводимых распределением по поверхности электрических токов.

Типичное изображение на дисплее дефектоскопа, при сканировании над дефектом показано на рис. 3. В левой части показаны значения $B_x = f(t)$ и $B_z = f(t)$. Протяженность дефекта пропорциональна впадине на графике $B_x = f(t)$, самая глубокая точка этой впадины, соответствует самой глубокой частью трещины. Пики и глубина впадины на графике $B_x = f(t)$ указывают на размеры и расположение трещины. Чтобы облегчить интерпретацию, по показаниям $B_x = f(t)$ и $B_z = f(t)$, в правой части экрана, построена характерная петля дефекта $B_x = f(B_z)$. Форма этой петли нечувствительна к скорости контроля. Она улучшает интерпретацию и понимание результата.

Глубину и длину дефекта, определяют путем оценки местоположения пика и впадины кривой $B_z = f(t)$ и выбора двух точек на кривой $B_x = f(t)$. Программные алгоритмы определяют значение длины и глубины трещины, которое отображается на экране в виде графика $B_x = f(B_z)$.

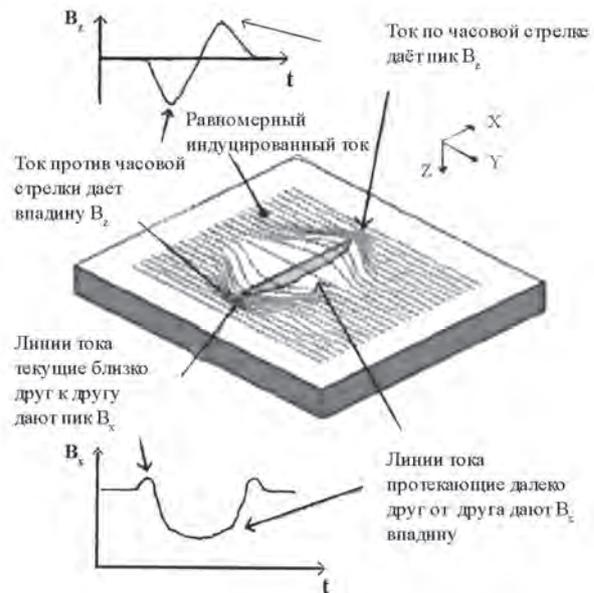


Рис. 2. Распределение переменного тока над дефектом

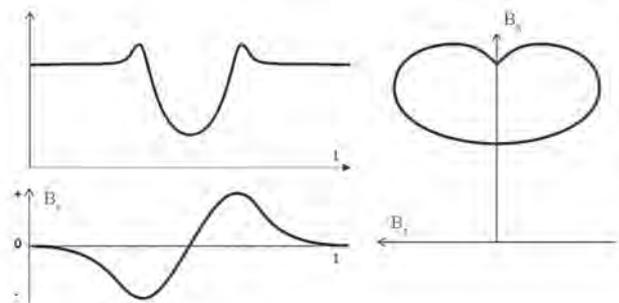


Рис. 3. Изображения на дисплее дефектоскопа, говорящее о наличии дефекта; B_x , B_z - составляющие магнитного поля над дефектом по координатам X и Z.

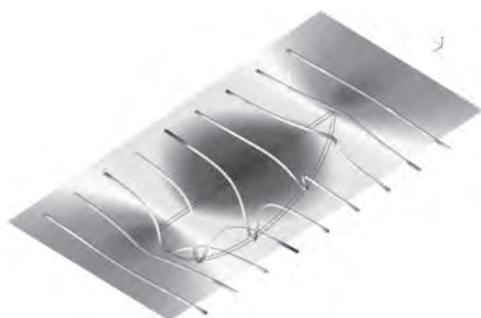


Рис. 4. Картина распределения электрического поля вокруг трещины

Чтобы определить размер дефекта производится измерение возмущенного электромагнитного поля. Исследования показали, что система ACFM нечувствительна к манипуляциям положения датчика. Как показано на *рис. 3*, результирующий график $B_x = f(B_z)$ удаляет временную базу из представления результирующих данных. Это означает, что, если преобразователь перемещается по поверхности с разной скоростью (медленно или быстро), представление о дефекте не изменяется. Это позволяет другому человеку, перемещать преобразователь по объекту контроля (ОК), пока предыдущие данные просматриваются оператором. Водолаз, перемещающий преобразователь по поверхности подводной металлоконструкции, не должен быть специалистом в области НК. Его обязанность только сканировать, а оценку результатов делает дефектоскопист, который находится на берегу.

Когда в испытываемом объекте вдоль оси X присутствует линейный дефект поверхности (трещина), наведенный вихревой ток вынужден течь вокруг трещины, огибая зоны острых ее концов.

Когда ток протекает под дефектом, часть тока отводится от поверхности, это уменьшает напряженность магнитного поля в середине дефекта (*рис. 4* - центральная часть). Часть тока течет вокруг концов дефекта, усиливая магнитное поле на концах (*рис. 4* - боковые части). Когда это происходит, появляется частичное насыщение острых концов трещины.

Распределение электрического тока и плотности магнитного поля вокруг трещин на стальном образце показано на *рис. 5*. Как видно из *рис. 5 а*, поле наведенного электрического тока искажается,

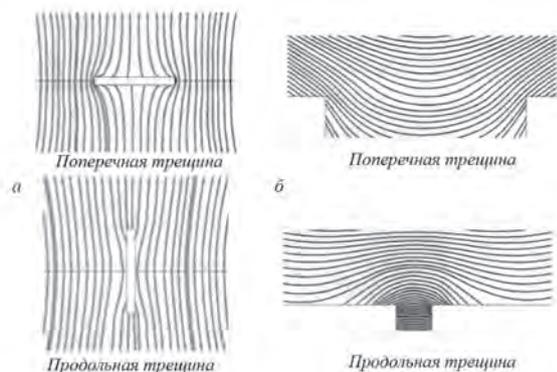


Рис. 5. Распределение электрического тока (а) и плотности магнитного поля (б) вокруг продольных и поперечных трещин



Рис. 6. Общий вид системы ACFM фирмы TSC Amigo

когда продольные и поперечные дорожки присутствуют в наведенном на поверхности электромагнитном поле. Кроме того, из-за скин-эффекта поверхность металла дополнительно локально намагничивается. Поэтому, при продольной трещине, появляется переменное поле утечки магнитного потока, которое показано на *рис. 5 б*.

Устройство ACFM (*рис. 6*) может обнаруживать поверхностные дефекты и в объектах из электропроводных материалов.

Токи, индуцированные преобразователем ACFM, находятся под тонким слоем поверхности. Толщина этого слоя (глубина проникновения) для ферритных изделий меньше, чем для цветных металлов. Глубина проникновения в металлах с низкой проводимостью (нержавеющая сталь, титан, никелевые сплавы, бронза и т. д.) составляет около 5-8 мм при 5 кГц, тогда как глубина проникновения в металлах с высокой электрической проводимостью (алюминий, медь и вольфрам) меньше и составляет около 1-2 мм. Форма сигнала от подповерхностного дефекта зависит от относительных размеров длины и глубины дефекта.

Объемные дефекты, такие как коррозия или пористость, дают гораздо более слабые сигналы, чем плоские дефекты. Не вызывает сомнения, что изношенный металл имеет меньшую плотность, магнитную и электрическую проводимости, что также надо учитывать при оценке результатов ACFM.

Упрощенные методы оценки состояния долго эксплуатируемых объектов (поиск только серьезных поражений и без зачистки) должны найти применение и в Украине, если будет создана соответствующая нормативная база, а надзорные структуры страны освоят этот быстрый, прагматичный метод оценки состояния труднодоступных объектов.

Литература:

1. <https://www.tscndt.com/whats-acfm/>
2. Insight- Non-Destructive Testing and Condition Monitoring. - March 2017. - V. 59. - N. 3. - P. 121-128.
3. Троицкий В.А. Вихретоковый контроль. Учеб. пособие. - Киев: «Феникс», 2011. - 148 с.

● #1883

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.)

- 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 %.

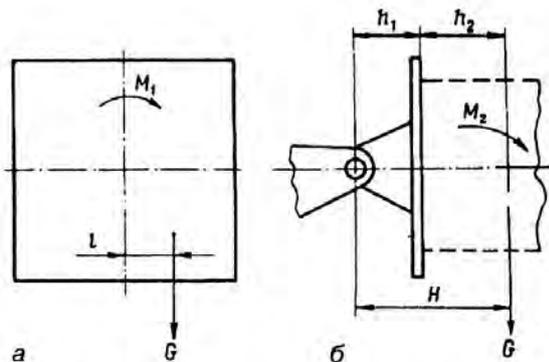


Рис. 1. Схема определения крутящих моментов относительно оси вращения (а) и оси наклона (б) планшайбы

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

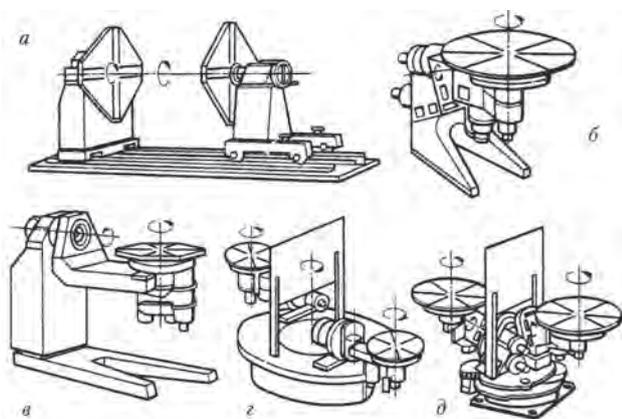


Рис. 3. Манипуляторы изделия с программным управлением для оснащения робототехнологического комплекса для дуговой сварки: а – сварочные горизонтальные двухстоечные вращатели - 402М и М150530; б, в – сварочные универсальные вращатели - М150400 и М150500; г, д – сварочные универсальные двухпозиционные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

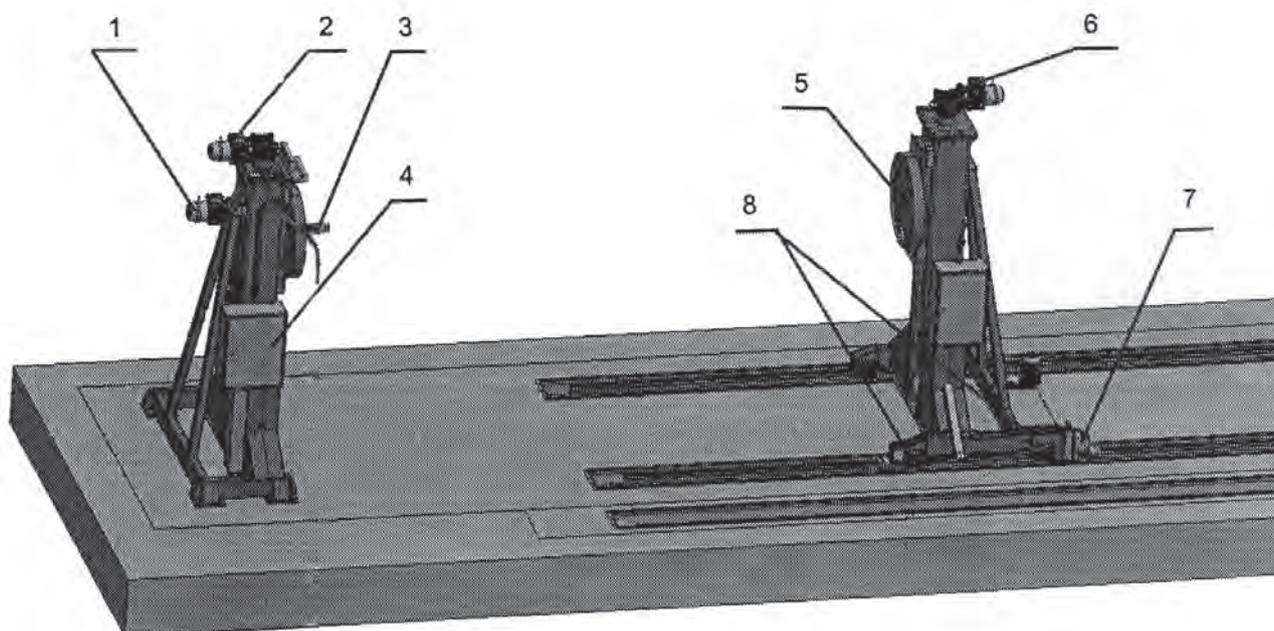


Рис. 4. Внешний вид кантователя грузоподъемностью 10 т: 1 – привод поворотного механизма; 2 – привод вертикального перемещения поворотного механизма неподвижной колонны; 3 – ведущий поворотный механизм; 4 – пульт управления; 5 – ведомый поворотный механизм; 6 – привод вертикального перемещения поворотного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

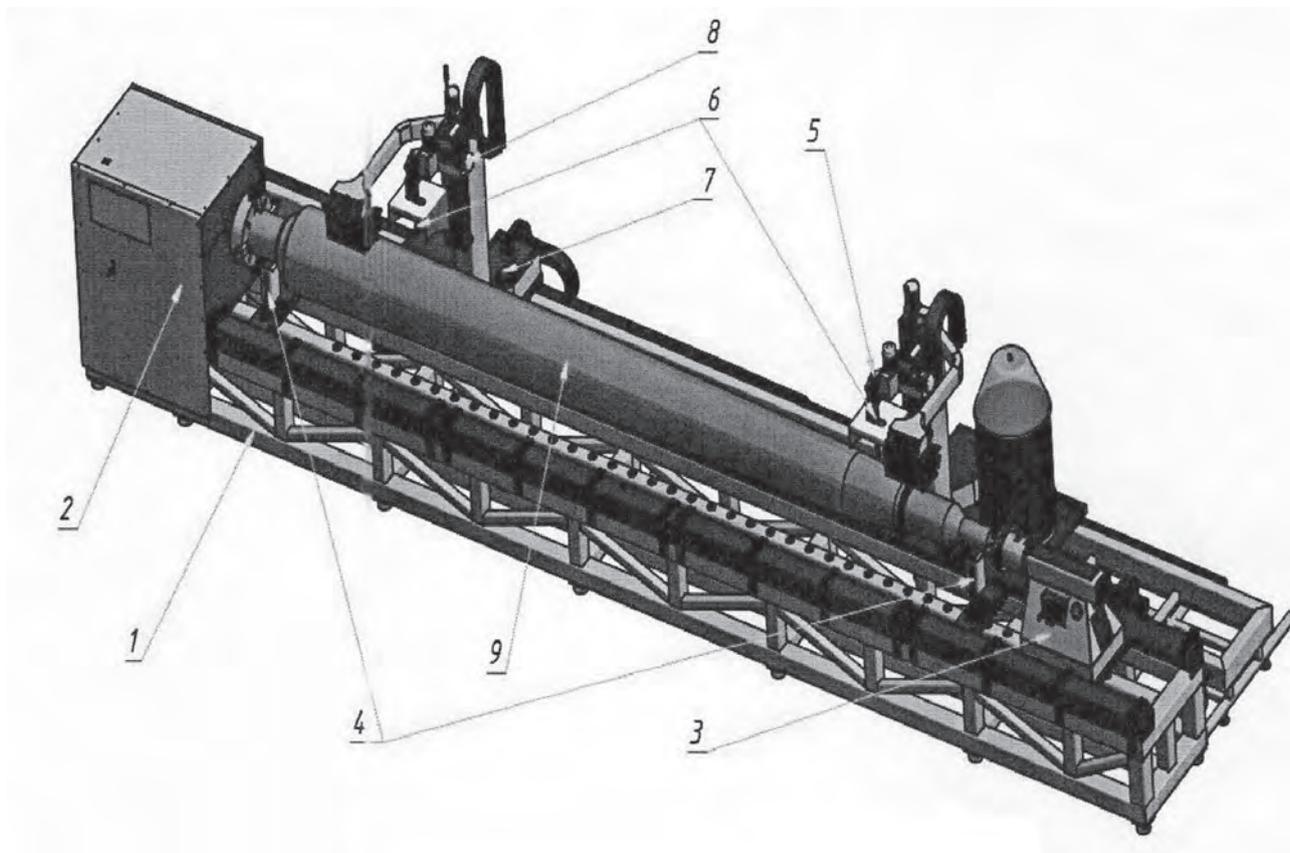


Рис. 5. Внешний вид установки для наплавки: 1 – каркас; 2 – передняя бабка; 3 – задняя бабка; 4 – ловители; 5 – механизм подачи проволоки; 6 – горелка; 7 – привод горизонтального перемещения; 8 – привод вертикального перемещения; 9 – наплавляемая деталь

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 станков (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. Фартушный 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.

●#1884

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°С 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

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, м ³ /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.

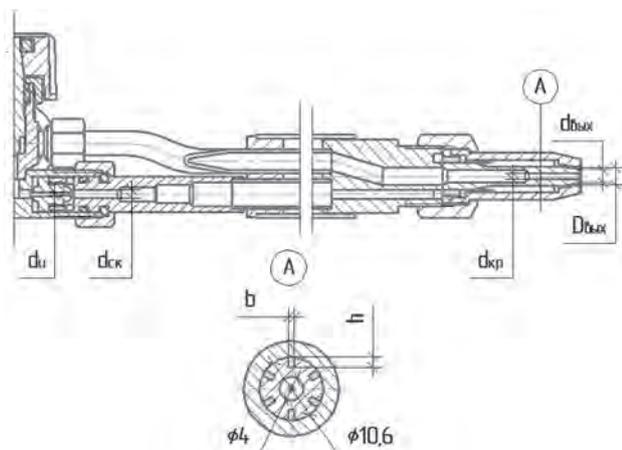


Рис. 1. Принципиальная схема машинного резака РГКМ-1-SR

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

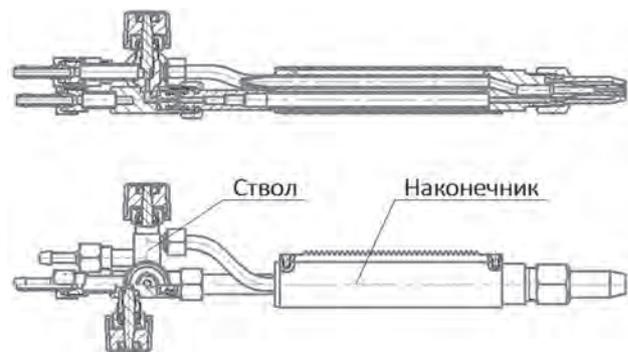


Рис. 2. Газокислородный резак РГКМ-1-SR

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

№ внутреннего мундштука	Толщина заготовки, мм	Площадь сечения рабочих отверстий, мм ²					$F_{\text{вых}}/F_{\text{СК}}$	$F_{\text{шл}}/F_{\text{вых}}$	$F_{\text{СК}}/F_{\text{И}}$	$F_{\text{вых}}/F_{\text{И}}$
		$F_{\text{кр}}$	$F_{\text{И}}$	$F_{\text{СК}}$	$F_{\text{вых}}$	$F_{\text{шл}}$				
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								
5	30 - 45	1,13								
6	45 - 60	1,33								
7	60 - 80	1,77								
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 щели 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*.

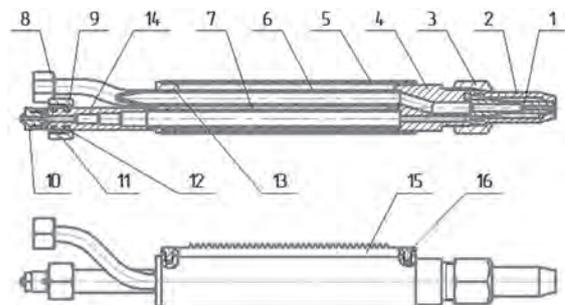


Рис. 3. Наконечник резака РГКМ-1-SR

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

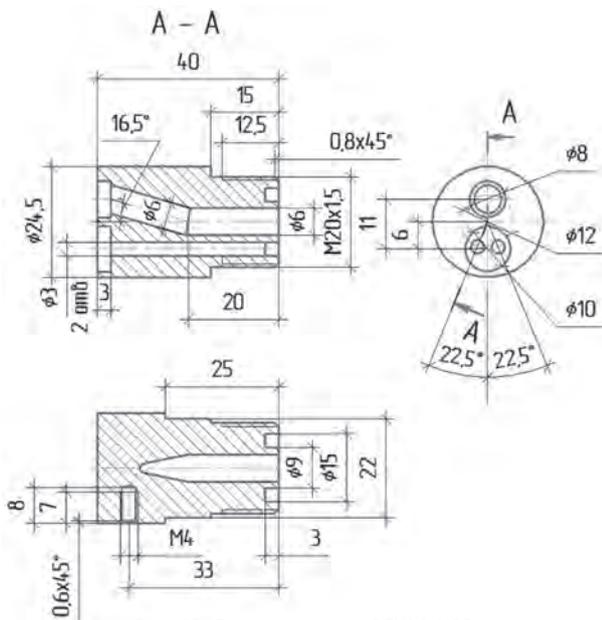


Рис. 10. Головка резака РГКМ-1-SR

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).

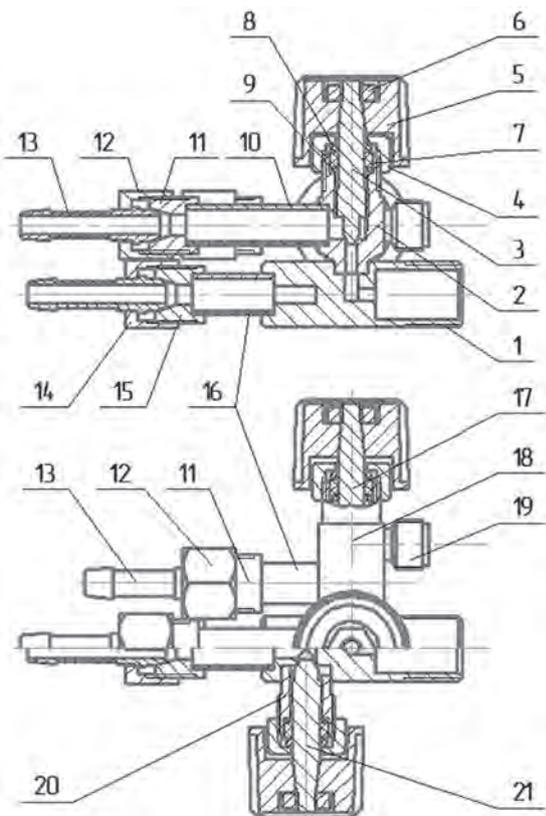


Рис. 11. Ствол резака РГКМ-1-SR

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 впаян 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 корпусы 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 замывы 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-

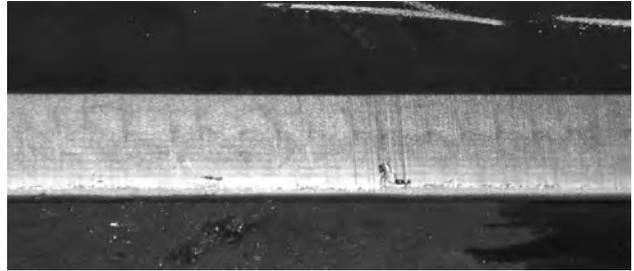


Рис. 17. Стенд для снятия фасок под сварку. Резка производится снизу - вверх под углом 60° к горизонтали. Поверхность реза

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. Пат. 29654 UA, МПК В 23 К 7/00. Газокисневый ризак / Ю.Н. Лисенко, В.М. Литвинов, С.А. Чумак, Є.К. Цвентух, С.Л. Василенко, О.І. Коровченко, С.Г. Красільніков.- № 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.

●#1885

История создания бытовых и технологических процессов нагрева, термической резки и правки*

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

Под термином «газопламенная обработка», принятым в 1950-х гг. XX века вместо исторически возникшего ранее термина «автогенная обработка», по определению академика НАНУ Л.М. Лобанова [1-3], понимают технологию газовой сварки и пайки металлов, газовой наплавки и резки – разделительной и поверхностной, технологию термической правки элементов металлоконструкций после их сварки и проведения низко- и высокотемпературного нагрева изделий перед сваркой, во время ее проведения или после окончания, а также технологию кислородно-флюсовой резки аустенитных сталей, цветных металлов и чугуна.

Первыми бытовыми газоздушными горелками были очаги и факелы, которые со временем прошли значительную эволюцию. Горелки, применяемые в быту, отличаются тем, что в них использовались разнообразные горючие вещества: газы, горючие жидкости и их пары. Факелы стали заменяться фитильными масляными светильниками или лампадами (происходящими от греческого слова *λαμπάδα*). В 1844 г. появилась кофеварка типа Габет с использованием спиртовки [4], в 1892 г. - примус [3], в середине XX века – керогаз, затем были созданы газовые плиты.

В 1853 г. появились осветительные керосиновые лампы, в т. ч. и с калильным элементом (патент 1885 г., автор патента - австрийский химик Карл Ауэр фон Вельсбах).

Еще в 1930-х гг. XX века в газогенераторах для производства ацетилена слабым местом считался компрессор для сжатого воздуха, хотя первый подобный агрегат был создан в 1812 г. (В. Кланни) [5, 6].

Использование воздуха в качестве окислителя в газовых горелках (1820 г., Германия, Брок) дает низкую температуру пламени. Ее существенно подняли, когда окислителем стал кислород, а в качестве горючего стал использоваться горючий газ водород. Для этой цели были созданы горелки Хейера (1802 г.), Э. Кларка (1816 г.), Э. Ричмонда (1838 г.), С. Девиля (1850 г.). Водородно-кислородное пламя имело температуру 2600 °С и могло расплавить золото, серебро и платину. Применение горелки Девиля позволило осуществить плавление платины (1854 г.).

Еще более высокую температуру получают в ацетилено – кислородных горелках. В 1895 г. великий

естествоиспытатель Анри Луи Ле-Шателье (1850-1936) доложил французской Академии наук о получении им высокотемпературного пламени (свыше 3000 °С) при сжигании смеси ацетилена и кислорода. Для практической реализации открытия Ле-Шателье потребовалась специальная аппаратура. В то время были известны различные разработки газоздушных и газокислородных горелок, в которых кислород и ацетилен смешивали снаружи, при выходе из сопла, в которых образовывался твердый плотный нагар углерода, засорявший газовый канал. Наиболее удачными считаются сварочные горелки, разработанные в 1901 г. французскими инженерами Эдмоном Фуше и Шарлем Пикаром (рис. 1).

Именно эти горелки определили развитие газопламенной аппаратуры на долгие годы. Они очень быстро получила международное признание (патент Германии, 1903 г.). Изобретатели многих стран совершенствовали конструкции горелок Фуше и Пикара (или Фуче и Пиккард). Благодаря труду многих энтузиастов (Дж. Харрис и др.) были разработаны и внедрены разнообразные мало - и крупногабаритные горелки; горелки, рассчитанные на высокое и низкое давление газа; горелки с различной формой постоянных и сменных наконечников и т. д. В 1908 г. фирма «Бритиш Оксиджен» создала горелку, в которой наконечник можно было поворачивать, изменяя угол между его осью и осью корпуса от 0 до 70 °С. В Италии «Карбидное общество» разработало горелку с охлаждением наконечника.

Первым технологическим процессом газопламенной обработки металлов является пайка газоздушным пламенем (XV – XVII века). Так, в 1679 г. И. Кункель описал конструкцию и способ применения паяльной трубки, была разработана паяльная лампа (Швеция, К.Р. Нюрберг, 1881 г.).

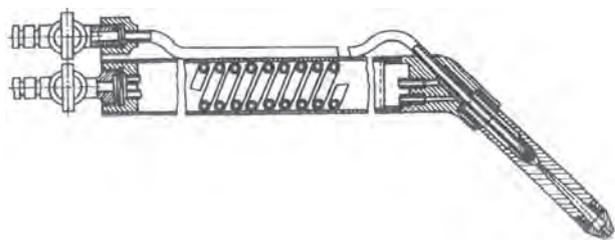


Рис. 1. Горелка Фуше – Пикара (температура пламени 3 100 °С)

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

Первую горелку для получения водородно – кислородного пламени предложил американец Р. Хейр (1802 г.). В Германии в 1820 г. газовую горелку создал А. Брок.

Водородно – воздушное, водородно – кислородное пламя долгие годы применяли для пайки золота, серебра. В 1850 г. было произведено плавление платины водородно – кислородным пламенем (С. Девиль). Получаемое при этом пламя имело температуру ~ 2200 °С.

Ацетилено-кислородную сварку промышленные предприятия начали применять с 1906 г., когда появились достаточно надежные конструкции ацетиленовых генераторов. Только во Франции в 1906 г. этот вид сварки применяли более чем в 500 цехах, мастерских, участках. Примерно в это же время французы Пикар и Фуше презентовали метод газовой сварки. В США первым использовал газовую сварку Э. Бурнонвиль при строительстве городского водопровода в Лонг Айленде. В 1909 г. А. Дж. Фаучек с сыном разработали портативное оборудование для осуществления газовой сварки, усовершенствовав почти все элементы аппаратов, создали рациональные горелки, технологию сварки чугуна и т. д. Газовое пламя получило широкое распространение для сварки технологического оборудования, газопроводов и др. конструкций.

Работы по механизации сварочных работ начались в 1908 г. разработкой станка для газовой сварки продольных швов. В 1909 г. создан станок для сварки кольцевых швов.

Газопламенная резка, как технологический процесс, стала применяться позднее, чем газовая сварка, но она очень быстро заняла ведущее положение. Этот технологический процесс оказался вне конкуренции применительно к железу и стали. Разработка технологии газокислородной резки также имеет достаточно интересную историю.

Впервые прожигание отверстий в платине водородно-кислородным пламенем выполнено в 1887 г. В 1888 г. Томас Флетчер прочитал в Англии доклад, посвященный газовой резке.

Следует отметить, что газокислородная резка появилась практически одновременно в нескольких странах. Так, в США Дж. Харрис, пытаясь получить синтетический рубин в пламени сварочной горелки, случайно разрезал стальной лист, служивший в качестве подложки.

С 1888 г. газокислородную резку осуществляли без подачи дополнительного (режущего) кислорода, в частности, в 1901 г. было использовано такое устройство при попытке ограбления земельного банка в Ганновере. Взломщикам удалось разрезать только наружную оболочку сейфа толщиной 8 мм, далее им не хватило кислорода.

В 1904 г. к сварочной горелке была добавлена дополнительная трубка с режущим кислородом (рис. 2).

В том же 1904 г. Э. Висс (США) запатентовал горелку-резак с концентрическими соплами, предложенными Э. Смитом.

Во Франции и Германии в 1908, 1909 гг. были проведены первые успешные опыты по кислородной подводной резке. В последующие 5 - 9 лет было получено несколько патентов в этой области и разработаны промышленные конструкции резаков для подводной резки. В 1917 г. французское сварочное общество, после значительных усовершенствований резака для подводной кислородной резки, передало этот резак для эксплуатации во флоте. Вскоре подводная кислородная резка стала применяться во флотах Америки и Англии. В 1918 г. созданы резаки для выполнения работы в подводных условиях. В большом объеме газовую резку применяли при демонтаже разрушенных металлоконструкций в период Первой мировой войны.

Макс Ульрих Шооп в 1906 г. предложил способ нанесения покрытий, распыляя свинец, находящийся в тигле, водяным паром. На основе его технологии в 1909 г. был открыт завод по металлзации в Цюрихе.

В 1913 г. Шооп усовершенствовал металлзатор и запатентовал его в Германии, Швейцарии, Франции и Англии. На этот раз материал для распыления подавался в пламя газовой горелки в виде проволоки. В 1918 г. он с сотрудниками разработал электродуговой распылитель. В 1921 г. Шооп запатентовал технологию металло-порошкового газопламенного распыления. Методы нанесения газотермических покрытий путём распыления долгое время (~ до 1960-х гг.) называли шоопированием.

Начиная с 1942 г. началось внедрение разделительной и поверхностной резки с использованием газов – заменителей ацетилена (пиролизного, природного и др. газов, пропан – бутановой смеси).

Далеко не все металлы поддаются газокислородной резке, поэтому в конце 1950-х гг. фирмой «Union and Carbon Corp.» и др. организациями раз-

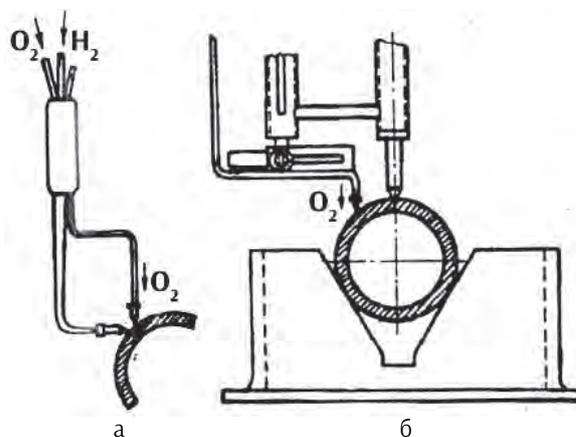


Рис. 2. Схема резаков Жоттрана – Люли: а – резак с двумя соплами; б – горелка с отдельным кислородным соплом, перемещаемым относительно точки нагрева

работана кислородно-флюсовая резка хромоникелевых, высокоуглеродистых и высоколегированных сталей и чугунов, цветных металлов (алюминия, меди) и их сплавов [7].

В конце 1960-х начале 1970-х гг. разработаны различные виды газоэлектрической резки (например, создание воздушно – дуговой строжки/резки в 1957 г.), резки горных пород и железобетона термо-реактивными резаками (1965 г.).

В 1950 - 1980 гг. происходит дальнейшее совершенствование ручной газопламенной резки (разработка «смыв - процесса»), механизированной и автоматизированной машинной газокислородной резки, резки металла в горячем состоянии (заготовок машин непрерывного литья), создание аппаратуры и технологий поверхностной газопламенной закалки и др., осваиваются новые способы обработки металлических и неметаллических материалов с помощью высокотемпературного порошково-кислородного и термо-реактивного напыления.

Многие достижения в газопламенной обработке стали использоваться в других отраслях, в частности, в газоздушных печах для термической обработки сварных конструкций, в воздухоплавании и др.

В середине 1950-х гг. были внедрены в производство новые, более концентрированные, чем газовое пламя, высокотемпературные источники (плазмы, лазерного луча).

В последующие годы разрабатывались новые источники нагрева, имеющие высокие энергетические характеристики; разрабатывалось и изготовлялось комплектное оборудование, типы и модификации которого к настоящему времени стали довольно многочисленными.

Прообразом современного плазматрона явилась дуговая горелка Химеса, предназначенная для синтеза химических веществ, запатентованная в 1921 г. В эти же годы начались работы по созданию плазматронов после получения Гердиеном и Лотцем (Германия) температуры 50 000 °С в столбе дуги, стабилизированной водяным вихрем.

Большая тепловая мощность таких горелок позволила производить эффективный общий нагрев всего изделия или его локальной зоны. В 1956 г. установлена принципиальная возможность сжатия плазменной дуги потоком аргона. 1958 г. отмечен созданием аппаратуры плазменной резки металла, 1964 г. - разработкой и внедрением способа плазменной сварки в защитных микрокамерах в непрерывном и импульсном режимах; 1965 г. - разработкой способа микроплазменной сварки (Швейцария) и др. В 1974 г. в Институте электросварки им. Е.О. Патона осуществлена подводная воздушно – плазменная резка на глубине 20 м.

В 1960-е гг. начались работы по созданию оптических квантовых генераторов (ОКГ) - лазеров на рубине, а в 1970 - 1980-е гг. появились твердотель-

ные, газовые и полупроводниковые лазеры [8].

Во второй половине XX века появилось много публикаций [9], в которых утверждалось, что большинство видов дуговой сварки исчерпали себя с точки зрения повышения производительности. Дуговая сварка не всегда обеспечивала требуемые механические свойства, в частности, металл корневого прохода не всегда отвечал требованиям по ударной вязкости. Поэтому интенсивно выполнялись поиски новых технологических решений.

В конце 1970-х гг. родилась идея совместного использования лазерного излучения и электрической дуги для сварки и других видов газотермической обработки металлов таким образом, чтобы оба источника воздействовали на изделие в пределах одной зоны нагрева. Появились первые патенты в Великобритании, США и Германии при совместном использовании лазерного излучения и электрической дуги в гибридной сварке, резке, сверлении и т.д. [9].

Литература

1. Антонов И.А., Чеканов А.А. Газопламенная обработка: сб. Сварка в СССР в 2-х т. / под ред. В.А. Винокурова. Т. 1. Развитие сварочной техники и науки о сварке. Технологические процессы, сварочные материалы и оборудование. - М.: Наука, 1981. - С. 423-437.
2. Справочник «Сварочное дело» в 2-х частях. / под ред. М.К. Гусельщикова. -М.: Госмашинметиздат, 1933. - Т1, Т2. - 591 с.
3. Словарь - справочник по сварке. / под ред. акад. АН УССР К. Хренова. -Киев.: «Наукова думка», 1974. - 196 с.
4. Краткая энциклопедия домашнего хозяйства. - М.: Большая Советская Энциклопедия, 1959. - Т. 1. - 291 с.
5. Волков В.А., Вонский Е.В., Кузнецова Г.И. Выдающиеся химики мира. - М.: Высшая школа, 1991. - 656 с.
6. Храмов Ю.А. Физики: Биографический справочник. / под ред. А.И. Ахиезера. Изд. 2-е, испр. и полн. - М.: Наука, 1983. - 400 с.
7. Полевой Г.В., Сухинин Г.К. Газопламенная обработка металлов: учебн. - М: Машиностроение, 2005. - 333 с.
8. Банов М.Д., Маслаков В.В., Плюснина Н.П. Специальные способы сварки и резки. - М.: Издательский центр «Академия», 2009. - 208 с.
9. [http://www.fundamentalresearch.ru/ru/article/view?id=29286;](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.](http://medical-diss.com/medicina/biologicheskoe-deystvie-kriptona-na-zhivotnyh-i-cheloveka-v-usloviyah-povyshennogo-davleniya#ixzz5qjsFty3W)

●#1886

Аналіз ризиків на технічну безпеку джерел живлення та зварних конструкцій з використанням НК і ТД

А.Г. Потап'євський, д.т.н., Ю.К. Бондаренко, к.т.н., Ю.В. Логінова,
К.О. Артюх, ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАНУ (Київ)

Ризик є завжди, але очевидно, що прийняття рішень щодо його мінімізації та усунення потребує структурованого і системного підходу. Наприклад, керівникам вищої, середньої та лінійної ланок належить постійно аналізувати ризики, пов'язані з небезпеками, які виникають у дуже складних ситуаціях на зварювальному виробництві.

Продукція для зварювального виробництва розділена на 4 групи:

1. Professional Welding Tools (PWT) - професійне зварювальне устаткування, призначене для підприємств малого та середнього бізнесу, де потрібні довговічність, надійність і повна готовність його до роботи з моменту покупки, до того ж, завдяки своєму рівню воно вимагає мінімальних навичок роботи від користувача.

2. Industrial Welding Systems (IWS) - високопотужні та продуктивні зварювальні системи, які частіше застосовуються на великих промислових підприємствах, а також для рішення складних технологічних завдань, що вимагають спеціального виконання.

3. Resistance Spot Welding (RSW) - точкове зварювання опором, широко застосовується при виготовленні конструкцій у електронній промисловості, судно-, літако-, автомобілебудуванні, сільському господарстві, ін. галузях промисловості та побуту. Зварювання застосовується при рихтуванні та зварюванні кузовів машин, при виготовленні шаф і корпусів, які використовують в електротехнічній промисловості, виготовленні виробів каркасної форми.

4. Welding Automation - автоматизовані системи та компоненти, які гарантують найвищу якість з'єднань, а також максимальну швидкість зварювання та продуктивність наплавлення при зварюванні позовжних, кільцевих і криволінійних швів.

Professional Welding Tools. Устаткування класу PWT було спочатку задумане для максимально широкого застосування, тому ставка при його розробці була зроблена на універсальність. Його високу ефективність та якість зварних з'єднань забезпечує цифровий пристрій керування технологічним процесом, що контролює всі етапи зварювання. Нещодавно в дивину був і лічильник, що фіксує, скільки годин працював апарат, а сьогодні є можливість одержувати дані про час роботи апарата, кількості

вкладеного тепла у виріб. Тепер системи для зварювання MIG/MAG стали універсальними та працюють як із дротом суцільного перетину, так і з ручним дуговим зварюванням покритим електродом (ММА) і зварюванням вольфрамовим електродом, що не плавиться (TIG DC).

Новинки для зварювання TIG тепер мають модульну конструкцію, що дозволяє користувачеві вибирати тільки ті можливості, які необхідні для виконання його завдань. Всі апарати оснащені touchscreen-дисплеєм.

Industrial Welding Systems. Устаткування IWS знайшло найширше розповсюдження в різних галузях промисловості - від виробництва сільськогосподарської техніки та комплектуючих до неї - до виготовлення великих металоконструкцій на підприємствах суднобудування, енергетичного машинобудування та авіакосмічної промисловості.

Особливістю даного типу устаткування є можливість інсталяції зварювальних процесів безпосередньо в апарат, що робить його унікальним для кожного конкретного користувача. А наявність власної IP-адреси в просунутих моделях кожної лінійки дозволяє: вести облік зварювальних режимів, їх документування; вводити та редагувати різні параметри зварювальних процесів, зберігати їх на різних пристроях; виконувати розрахунок тепловкладення виходячи зі зварювальних параметрів; обмежувати доступ користувачів для внесення змін у зварювальні режими; переглядати встановлене ПО; зв'язувати устаткування з мережею та за допомогою програм стежити за роботою кожної системи.

WeldCube - те, про що мріяли, і навіть трохи більше. Програмне забезпечення, що розроблене фахівцями, гарантує виконання поставлених завдань. Для інноваційної зварювальної техніки воно стає навіть більш важливим, ніж силова частина апарата. Виробник встановлює в ньому певний набір електронних програм, які можуть доповнюватися по модульному принципу. Маючи базову систему - силовий блок, механізм подачі дроту - власник устаткування може докуповувати не модулі, а програми та одержувати в результаті дані, які раніше розраховувалися лише приблизно.

Раніше такої можливості не було. Він міг, наприклад, придбати систему MIG/MAG у стандарт-

ному варіанті або з функцією Pulse Multi Control (PMC). Вона забезпечує зварникові доступ до широкого спектра синергетичних характеристик, які повністю використовують можливості апаратів останнього покоління.

Якщо коштів на PMC не вистачало, клієнт отримував систему без цієї функції, але згодом змушений був викладати навіть більшу суму на агрегат із цією опцією, коли виникала необхідність у ньому. Зараз підприємець вирішує, що йому потрібно в конкретний момент. Якщо, скажемо, через рік він зрозуміє, що йому потрібна система PMC, то доплатить за неї, і одержить її в електронному виді.

При повному цифровому керуванні система сама контролює робочі параметри та передає їх операторові. Так, ПО WeldCube призначено для керування даними під час зварювання. За допомогою WI-FI WeldCube поєднує апарати в мережу та передає через неї дані про ризик збільшення витрати дроту, швидкості зварювання, часу роботи системи, кількості наплавленого матеріалу, режимах, які використав зварник. Технологи підприємства отримують унікальну можливість знімати інформацію із джерела та аналізувати її з використанням НК і ТД зварних з'єднань.

Власник підприємства або керівник виробництва може задати період часу, за який хоче одержати інформацію. До впровадження повного цифрового керування подібний аналіз міг здійснюватися тільки при наявності спеціальної програми, з'єднання через роз'єм та кабель. Зараз усе уніфіковано. Досить USB-роз'єму та інтернету або Wi-Fi-модуля, щоб з'єднатися прямо через Інтернет, зайти в меню апарата та одержати аналіз даних із всіх пристроїв.

Це рішення актуально для всієї номенклатури зварювальної техніки. Цифрові пристрої керування процесом зварювання дозволяють удосконалити планування сучасного виробництва, одержати серйозну економію часу та матеріалів.

Додаток WeldConnect допомагає кожному зварнику швидко знаходити оптимальні параметри для виконання завдань. Програма запитує точні дані про процес зварювання, вихідний матеріал, профілі зварного шва, захисний газ, які можна ввести вручну або за допомогою сканування QR-коду на етикетках відповідних матеріалів. Ця інформація дозволяє обчислити ідеальні параметри зварювання для додатків TIG та MIG/MAG. Користувач чітко знає, якої сили струму та напругу застосувати для досягнення ідеального зварного шва. Цінне і те, що при необхідності отримані параметри можна зберегти та відправити через Wi-Fi до бази даних для контролю або дефектоскопісту, що виконує аналогічне завдання.

Високу оцінку спеціалістів одержує візок на магнітній підставці із гнучкою рейкою, що дозволяє автоматизувати зварювання великих об'єк-

тів. При її використанні не має значення, над якою саме деталлю працює зварник - листом або стіною вагона. Є тільки припустимі кути вигину рейки та ступінь кріплення візка магнітом або струбциною. За допомогою пульта керування зварник керує плавним рухом агрегату, його коливанням і може використовувати потрібний апарат, аж до ручного пальника.

На сьогоднішній день на ринку безліч агрегатів, призначених для виконання різних завдань виробництва: зварювання поздовжніх швів, для більших обсягів робіт та інші.

Одне з таких рішень - FTW 24-120 PRO - для орбітального зварювання труб або тіл обертання виконується за допомогою головок як відкритого типу, з подачею присадкового дроту, так і закритого. Другий варіант застосовується для зварювання тонкостінних труб, товщиною до 3 мм, тобто там, де подача дроту не потрібна. «Мозок» установки для орбітального зварювання - контролер. Він ділить трубу на сектори, задаючи в кожному з них свої зварювальні параметри.

Можливо розробити устаткування для зварювання та по ТЗ замовника. У цьому випадку розробник відповідає за його працездатність і гарантує повну відповідність технічним завданням, поставленим замовником.

Багато виробників зварювального устаткування купують готові технології, а потім використовують їх у своїй продукції. СМТ-технологія розроблялася протягом п'яти років. Паралельно йшла робота над створенням устаткування під неї.

СМТ - Cold Metal Transfer - холодний перенос металу. В основі цієї технології лежить принцип дугового зварювання короткозамкненою дугою, а точніше - принцип планового систематичного переривання такої дуги. У результаті послідовних «гарячих-холодних-гарячих-холодних» імпульсів значно знижується тиск дуги, що забезпечує високу стійкість процесу та надає широке технологічне «вікно». Це зручно, наприклад, у випадку різкої зміни положення зварювального пальника.

Від відомої технології дугового зварювання короткозамкненою дугою СМТ відрізняють: система контролю переміщення дроту, інтегрована у цифровий пристрій керування технологічним процесом; знижений коефіцієнт тепловкладення; мінімізоване розбризкування в процесі переносу металу. Це раніше здавалося недосяжним, але стало можливим завдяки двом взаємозалежним явищам: зворотньо-поступальному руху дроту та контрольованому короткому замиканню.

Ці системи широко використовуються в усьму світі, у т. ч. в Україні. Особливо це актуально для наплавлення та відновлення дорогих деталей із хромонікелевих сплавів.

До цього складу в наплавленому зварювальному

шарі виконувалося 2 або 3 проходу, що робило процес досить витратним. Якщо на один проход було потрібно 7 кг дуже коштовного нержавіючого хромонікелевого дроту, то на три проходи, відповідно - 21 кг. При СМТ задані параметри твердості та наявності хімічних елементів формуються вже в першому наплавленому шарі. Це відбувається за рахунок мінімального перемішування наплавочного дроту з основним матеріалом. При цьому, значно скорочується кількість виділюваного тепла та знижується на 30 % тепловкладення в матеріали, що підлягають зварюванню.

Технологія СМТ має найширше застосування, що дозволяє розвивати значно більші швидкості зварювання тонколистових металів, зварювати дуже тонкий алюміній. Великий інтерес представляє зварювання СМТ із можливістю нескінченного обертання.

Для реалізації інноваційної технології фахівцями розроблено кілька нових системних компонентів, побудованих на основі існуючої серії цифрових пристроїв. Система подачі дроту тепер має два окремих пристрої із цифровим керуванням: переднє, яке знаходиться на пальнику, забезпечує зворотньо-поступальний рух дроту із частотою до 70 разів у секунду, і основне - підштовхує дріт позаду. Для того, щоб відокремити пристрої один від одного, між ними розташований буфер для дроту, що компенсує інверсні рухи. Це дозволяє переміщати дріт практично без зусиль.

Особливу міцність з'єднання елементів при точковому зварюванні опором забезпечує апарат для зварювання кузовів автомобіля.

На EuroBLECH-2018 (Ганновер, ФРН) була представлена унікальна модель DeltaCon, що дозволяє варити дуже широкі крапки для підвищення надійності з'єднання деталей. Вона кріпиться на руку робота та функціонує тільки з ним. Зборка елементів кузова автомобіля відбувається «крапка за крапкою», і все - з однаковою якістю. Після виконання зварювання кожної крапки процес-стрічка переміщується в наступне положення, що є абсолютною інновацією. Наступна зварена крапка формується новим електродом, без утворення бризок на поверхні. Завдяки цьому контактна поверхня залишається чистою.

Ця технологія дозволяє з'єднати між собою деталі з будь-яких матеріалів: алюмінію з алюмінієм; сталі з алюмінієм; сталі з покриттям, високоміцної й надміцної сталі; CrNi сплавів, титана, магнію, змішаних з'єднань. Вона надійно з'єднує між собою деталі різної товщини, а також багат шарові з'єднання.

Жоден виробник зварювальної техніки не може гарантувати якісного зварювання, якщо використовується неякісний дріт або параметри газу не відповідають нормам.

Робить все, щоб характеристики устаткування відповідали самим твердим вимогам НД та ринку. Навіть при нинішній непростій ситуації в європей-

ській економіці не йдуть на здешевлення продукції за рахунок переносу виробництва в країни з дешевою робочою силою, не замінюють дорогі матеріали низькосортними. У всіх апаратах використовують тільки європейські компоненти і ті, що виготовлено на виробничих площадках в Австрії, Уельсі, Чехії та США.

Українські підприємці, на жаль, рідко зважають на вагомий інвестиції з далеким прицілом. Причини зрозумілі: у нас що не рік, то який-небудь стрес. Але ті, хто прагне зміцнитися на ринку та стати конкурентноздатним, уже переконалися, що витрати на устаткування такого класу себе виправдовує.

Однак останнім часом з'явилася ще одна проблема: усе менше працівників хочуть бути зварниками, принаймні, в Україні. В результаті багато підприємств відчувають недостачу кваліфікованого персоналу. Цим стурбований уряд країни та виділило цього року ряду навчальних закладів засоби на формування центрів навчання зварників. До честі України потрібно сказати, що більшість цих центрів укомплектується новою технікою. Молоді люди будуть учитися не на позавчорашніх картинках і плакатах, а на передовому сучасному устаткуванні.

Ризик продукції протягом життєвого циклу пов'язано з:

- а) призначенням конструкції;
- б) виробничими чинниками, а саме невідповідностями процесів (рис 1).

Одним з основних завдань системи менеджменту якості виробництва є забезпечення виявлення потенційних невідповідностей і попередження їх виявлення в зварній конструкції. Відхилення процесів системи менеджменту є причинами утворення браку зварних конструкцій, що випускається і збільшення затрат на НК і ТД.

Запропоновано взаємозв'язок утворення ризику невідповідної продукції як результат функціонування системи менеджменту якості проектування, виробництва, технічного обслуговування, контролю та основних факторів впливів.



Рис. 1. Менеджмент ризиків (стандарт ISO 31000)

Стандарти менеджменту якості розглядають ризики як ймовірні відхилення кожного з процесів виробництва, який описує повну діяльність зварювального підприємства по управлінню, виробництву, вимірюванню, НК і ТД, постачанню, моніторингу. Тому рекомендується визначати ризики, притаманні кожному з процесів. Запропоновано процесний підхід. Це дозволить визначити як власника процесу, так і власника ризику, відповідальних за процес з яким пов'язано виникнення проблеми, а також процеси, які випереджують загальний процес і визначають причинно-наслідкові зв'язки при виникненню ризику.

При експлуатації зварних конструкцій суттєвими впливами можуть вважатись механічні дії на конструкцію та корозійні впливи, що приводять до корозійного пошкодження металу.

Ризик експлуатації конструкції розглядається як імовірність відмови і пов'язані з цим втрати на контроль НК і ТД та ремонт.

Відмовою може вважатися зміна властивостей конструкції понад граничний стан. Аналіз літературних джерел показав, що граничний стан від механічних дій на зварну конструкцію поділяють на дві групи, яка в свою чергу має підгрупи.

Перша група містить граничні стани, перехід через які призводить до повної непридатності об'єкта (основи конструкції або елемента) до експлуатації і для яких за межами граничних станів може бути:

- руйнування будь-якого характеру (в'язке, крихке, в результаті втоми);
- втрата стійкості форми;
- втрата стійкості положення;
- перехід у змінну систему; якісна зміна конфігурації.
- інші явища, за яких виникає потреба в припиненні експлуатації (виникнення перфорації стінки ємності з токсичними речовинами або надмірні переміщення основи при посадках сипучих ґрунтів).

Граничні стани цієї групи можуть бути пов'язані з порушенням вимог збереження чи можливості існування об'єкта або недотримання вимог безпеки для людей і довкілля. Досягнення граничного стану першої групи класифікується як відмова-зрив (відмова, яка одразу ж викликає аварії і збитки).

Друга група містить граничні стани, які ускладнюють нормальну експлуатацію об'єкта або зменшують його довговічність порівняно з встановленим терміном експлуатації і для яких поза граничним станом є:

- надмірне перевищення або повороти деяких точок конструкції, недопустимі коливання (надмірні значення амплітуди, частоти, швидкості, прискорення);
- утворення та розкриття внутрішніх дефектів, досягнення ними гранично-допустимих значень розкриття чи довжини (в відповідальних конструкці-

Якісний аналіз



Дозволяє визначити типи ризиків, які мають найбільший вплив на діяльність організації і використовуються як основа для кількісного аналізу

Кількісний аналіз



Проводиться з використанням статистичних, аналітичних методів, методів експертних оцінок, методів аналогів та ін.

Рис. 2. Методи управління ризиками на підприємстві

як тріщини не допускаються) згідно НК і ТД;

- втрата стійкості форми у вигляді локального деформування;
- пошкодження від корозії чи ін. видів фізичного зношення, які призводять до необхідності обмеження експлуатації внаслідок зменшення терміну експлуатації об'єкта згідно інформації отриманої від НК і ТД (рис. 2).

На підставі наведеного вище можна зробити наступні висновки.

1) Продукція для зварювального виробництва розділена на 4 групи.

2) Визначено показники граничних станів зварної конструкції від механічних дій та показники якості корозійних впливів на безпеку експлуатації.

3) Встановлено, що одним з основних завдань системи менеджменту якості зварювального виробництва згідно ДСТУ ISO 9001:2015 є забезпечення виявлення потенційних невідповідностей в системі зварювального виробництва і попередження їх виявлення за допомогою менеджменту ризику з використанням НК і ТД. Відхилення процесів системи менеджменту є причинами утворення браку продукції, що випускається та виникнення ризику аварійної ситуації на виробництві.

4) Керування ризиками є обов'язковою частиною управлінського процесу, тому що це має фундаментальне значення для зварювального підприємства на всіх рівнях і в усіх сферах: якості виконання робіт із зварювання та НК і ТД, безпеки праці, екології, енергозбереженні відповідно до національних та міжнародних стандартів.

●#1887

Обладнання для термічної обробки з Ессена



«Ваш партнер для проведення термообробки»

ВЕЛДОТЕРМ - УКРАЇНА
Філіал Weldotherm® GmbH Essen, Німеччина

Україна, 77311, Івано-Франківськ, м. Калуш-11, а/с 18
Т./ф. (03472) 6-03-30.
E-mail: weldotherm@ukr.net, www.weldotherm.if.ua

WELDOTHERM

LAC®

MTI МІГАТЕХ індустрія

ТЕХНОЛОГІЇ ЩО ЗБЕРІГАЮТЬ ЕНЕРГІЮ

Зварювальні колони,
обертачі, лінії, комплекси

Нестандартне обладнання



044 360-2521 044 277-9339 www.migateh.com.ua

СВАРКА НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ЦЕНТР МЕТАЛЛИЗАЦИЯ «ПРОМАВТОСВАРКА»

Производим оборудование для
электродуговой металлизации

ПРИМЕНЕНИЕ:

- Нанесение антикоррозионных покрытий;
- Восстановление изношенных поверхностей;
- Декоративная отделка.



(044) 222-90-26; (0629) 37-97-31
(067) 627-41-51; (099) 743-18-43

WWW.PROMAVTOSVARKA.COM.UA
379731@promavtosvarka.com.ua

XII Международная специализированная выставка КИЕВСКАЯ ТЕХНИЧЕСКАЯ ЯРМАРКА

IEC МЕЖДУНАРОДНЫЙ
ВЫСТАВОЧНЫЙ ЦЕНТР

Украина, г. Киев, Броварской пр-т, 15
тел.: (044) 201-11-58, 201-11-65, 201-11-56
e-mail: alexk@iec-expo.com.ua
www.iec-expo.com.ua, www.tech-expo.com.ua

**31 марта –
3 апреля
2020**

Генеральный
информационный партнер:

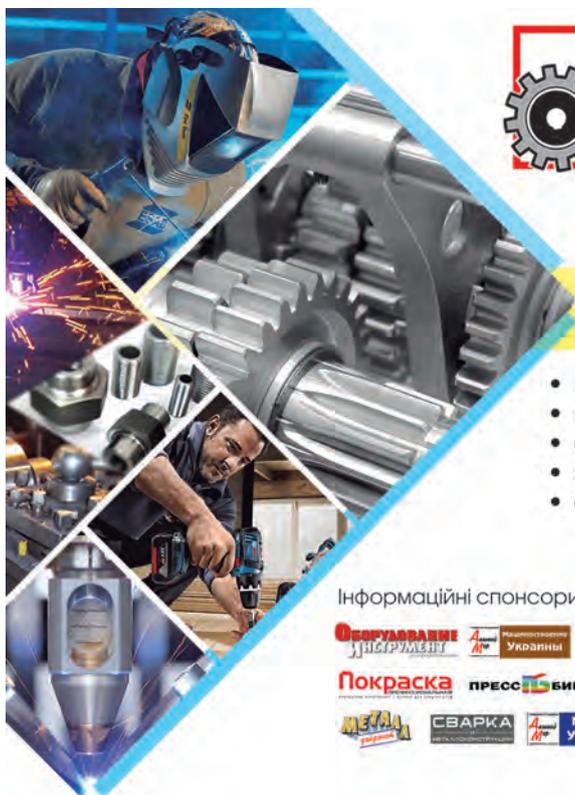
**ОБЛАДАНИЕ
ИНСТРУМЕНТ**

Эксклюзивный
медиа партнер:

**АТОМ
ГОЛОВНОГО
ИНЖЕНЕРА**

Технический
партнер:

РентMedia



X спеціалізована виставка **МЕТАЛ ОБЛАДНАННЯ ІНСТРУМЕНТ**

ВЦ «Південний-ЕКСПО» вул. Щирецька, 36, м. Львів

- металорізальні верстати та оснастка
- металорізальні інструменти
- слюсарний та монтажний інструмент
- зварювальне обладнання
- обладнання для обробки металу
- ручний електроінструмент
- металовироби, вироби для з'єднання та кріплення
- засоби захисту
- ковальське обладнання

Інформаційні спонсори



Контакти

☎ тел./факс: (032) 244-18-88
✉ e-mail: expolviv@gmail.com
🌐 web: www.expolviv.ua

Організатор

Expo Lviv





ЧАО «ЗАПОРОЖСТЕКЛОФЛЮС»

Украинское предприятие ЧАО «Запорожский завод сварочных флюсов и стеклоизделий» является на протяжении многих лет одним из крупнейших в Европе производителей сварочных флюсов и силиката натрия. На сегодняшний день мы предлагаем более 20 марок сварочных флюсов.

На заводе разработана и внедрена Система управления качеством с получением Сертификатов TUV NORD CERT GmbH на соответствие требованиям стандарта ISO 9001:2008 и Государственного предприятия Научно-технического центра «СЕПРОЗ» при ИЭС им. Е.О. Патона НАН Украины на соответствие требованиям ДСТУ ISO 9001:2009 (ISO 9001:2008, IDT).

Нашим предприятием освоено промышленное производство специальных плавящих продуктов-шлаков для использования в шихте при производстве керамических флюсов, порошковых проволок и других сварочных материалов.

Марка MS – марганцевый шлак, индекс основности по Бонишевскому менее 1,0.

Марка CS – шлак нейтрального типа с рафинирующими свойствами, индекс основности по Бонишевскому 1,1.

Марка AR – шлак алюминатно-рутилового типа с хорошими сварочно-технологическими свойствами, индекс основности по Бонишевскому 0,6.

Размер частиц: 0,05–0,63 мм (50–630 микрон)
Влажность: не более 0,025% при 200°C.



Продукция сертифицирована в НАКС, УкрСЕПРО, Системе Российского Морского Регистра судоходства, Госстандарте России, TUV Nord.



СВАРОЧНЫЕ ФЛЮСЫ для автоматической и полуавтоматической сварки и наплавки углеродистых и низколегированных сталей.

АН-348-А, АН-348-АМ, АН-348-АП, АН-47, АН-47ДП, АН-60, АН-60М, АН-20С, АН-20П, АН-26С, АН-26П, АН-67, ОСЦ-45, ОСЦ-45М. (ГОСТ 9087-81, ТУ У 05416923.049-99, ГОСТ Р 52222-2004).

СИЛИКАТ НАТРИЯ РАСТВОРИМЫЙ (ГОСТ 13079-81)

силикатный модуль от 2,0 до 3,5. Широко применяется для изготовления жидкого стекла и сварочных электродов.

СТЕКЛО НАТРИЕВОЕ ЖИДКОЕ (ГОСТ 13078-81)

модуль 2,3–3,6 плотность от 1,35 до 1,52. (ТУ У 20.1-00293255-004:2014)

модуль 1,5–3,0 плотность от 1,40 до 1,62. Возможно изготовление жидкого стекла с модулем и плотностью, соответствующим индивидуальным требованиям заказчика. Применяется в литейном производстве, в химической, машиностроительной бумажной промышленности, в черной металлургии, для производства сварочных материалов и др.

Наша цель — более полное удовлетворение Ваших потребностей в качественных и современных сварочных материалах.

ЧАО «Запорожстеклофлюс»
Украина, 69035, г. Запорожье,
ГСП-356, ул. Диагональная, 2.
Отдел внешнеэкономических
связей и маркетинга

Тел.: +380 (61) 239-7061; 239-7070
Факс: +380 (61) 239-7077; 239-7079
E-mail: market@steklo.zp.ua;
nvi@steklo.zp.ua; contact@steklo.zp.ua
http://www.steklo-flus.com

Официальный представитель ЧАО «Запорожстеклофлюс» по реализации флюсов сварочных на территории РФ ЧАО «ЕвроЦентр-Профит», Москва. Отгрузка со складов Москвы, Курска.
Тел.: +7 (495) 646-2755, 988-3897 — Коваленко Л. В., Кашавцев В. В., Кашавцев Ю. В.



«ТЕХНОЛАЗЕР-ЗВАРЮВАННЯ»

- **Электросварочное оборудование и запчасти.**
- **Газосварочное оборудование.**
 - **Сварочные материалы.**
- **Ремонт и модернизация сварочного оборудования.**
- **Авторизованный сервисный центр ESAB.**



Украина, 54055, г. Николаев, ул. Садовая, 50/3
тел./факс: (0512) 50-10-01, 57-21-27
e-mail: tehnolazer-zv@ukr.net
www.tehnolazer-zv.prom.ua

ЧПКП

«СЕВИД»



основано в 1997 г.



OMAX WATERJETS Оборудование для гидроабразивной резки

Украина, 73025, г. Херсон,
ул. Корабельный спуск, 2
тел./факс: (0552) 32-84-31, 32-84-35
e-mail: info@sevid.com.ua
www.sevid.com.ua

ЧПКП «СЕВИД» — официальный представитель концерна ESAB в Украине с 2002 г.,



официальный представитель концерна «PLYMOUTH» - промышленные вытяжные пылесосы и системы рециркуляции воздуха и ООО «Сумы-Электрод»



- Качественное гарантийное и постгарантийное обслуживание
- Оптимальный склад
- Рекомендованные цены
- Принцип лояльности
- Доставка транспортом продавца (от 1т)



Межотраслевой учебно-аттестационный центр Института электросварки им. Е.О. Патона НАН Украины. Программы профессиональной подготовки на 2020 г.



Шифр курса	Наименование программы		Продолжительность	Сроки проведения		
1. Повышение квалификации инженерно-технических работников						
101	Подтверждение профессиональной компетентности координаторов (руководителей) сварочных работ согласно ДСТУ ISO 14731 «Координация сварочных работ. Задачи и функции»		сертификация	3 недели (112 ч)	июнь	
102			ресертификация	24 ч	январь, май, октябрь	
103	Расширение области аттестации координаторов (руководителей) сварочных работ			6 ч	октябрь	
106	Техническое руководство сварочными работами при ремонте действующих трубопроводов (под давлением)		подготовка и аттестация	2 недели (72 ч)	по мере комплектования групп	
107			переаттестация	22 ч		
109	Техническое руководство работами по контактной стыковой сварке железнодорожных рельсов.			72 ч	март	
111	Подготовка и аттестация председателей комиссий по аттестации сварщиков - экспертов Украинского аттестационного комитета сварщиков (УАКС)			3 недели (112 ч)	декабрь	
112	Расширение области аттестации председателей комиссий по аттестации сварщиков – экспертов УАКС (согласно НПАОП 0.00-1.16-96)			8 ч	май, ноябрь	
1121	Расширение полномочий экспертов УАКС на право аттестации сварщиков согласно ДСТУ EN ISO 9606-1			32 ч	апрель, декабрь	
1122	Расширение полномочий экспертов УАКС на право аттестации сварщиков пластмасс согласно ДСТУ EN 13067			72 ч	февраль	
113	Подготовка и аттестация членов комиссий по аттестации сварщиков:	специалистов технологических служб, отвечающих за организацию аттестации сварщиков		2 недели (72 ч)	по мере комплектования групп	
114		специалистов служб технического контроля, отвечающих за контроль сварных соединений (включая специальную подготовку к аттестации по визуально-оптическому методу контроля)		2 недели (74 ч)		
115		специалистов служб охраны труда предприятий		2 недели (74 ч)		
116	Расширение области аттестации членов комиссий по аттестации сварщиков – специалистов технологических служб по сварке (согласно НПАОП 0.00-1.16-96)			6 ч	май, ноябрь	
117	Расширение полномочий членов комиссий по аттестации сварщиков – специалистов технологических служб по сварке на право аттестации сварщиков согласно ДСТУ EN ISO 9606-1			32 ч	по мере комплектования групп	
118	Расширение полномочий членов комиссий по аттестации сварщиков – специалистов по техническому контролю на право аттестации сварщиков согласно ДСТУ EN ISO 9606-1			24 ч		
119	Подтверждение полномочий (переаттестация) председателей комиссий по аттестации сварщиков - экспертов УАКС:			32 ч	январь, февраль, март, май, июль, сентябрь, октябрь, ноябрь	
120	Подтверждение полномочий (переаттестация) членов комиссий по аттестации сварщиков:	специалистов технологических служб по сварке		32 ч	январь, март, июль, октябрь, ноябрь	
121		специалистов по техническому контролю		16 ч		
122		специалистов по техническому контролю (включая спец. подготовку к аттестации по визуально-оптическому методу контроля)		36 ч		
123		специалистов по охране труда		16 ч		
130		Международный инженер по сварке		453 / 128 ч ¹		
132	Международный технолог по сварке		372 / 91 ч ¹	апрель, ноябрь		
134	Международный специалист по сварке		248 / 60 ч ¹			
135	Переподготовка специалистов сварочного производства по программам Международного института сварки (МИС) с присвоением квалификации:	Международный практик по сварке		114 ч	по согласованию с МИС	
136		Международный дизайнер (конструктор) по сварке		40 ч		
137		Международный инспектор по сварке	полного уровня			230 ч
140			стандартного уровня			170 ч
139			базового уровня			115 ч
149		специалистов, которые имеют квалификацию «Международный инженер / технолог по сварке»		76 / 78 ч	сентябрь	
141	Металлографические исследования металлов и сварных соединений		специальная подготовка и аттестация	2 недели (72 ч)	июль	
142			переаттестация	22 ч	июль, сентябрь	
143	Физико-механические испытания материалов и сварных соединений		специальная подготовка и аттестация	2 недели (72 ч)	по мере комплектования групп	
144			переаттестация	20 ч		
145	Эмиссионный спектральный анализ (стилюскопирование) металлов и сплавов		специальная подготовка и аттестация	2 недели (74 ч)	по мере комплектования групп	
146			переаттестация	22 ч		
151	Производство сварочных материалов: организация, технологии и системы управления качеством			2 недели (72 ч)	по согласованию с заказчиком	
Тематические семинары (возможно проведение на территории заказчика)						
161	Нормативно-техническая документация в сварочном производстве, состояние и перспективы			2 дня (16 ч)	март, июнь	
162	Обеспечение качества сварки. Требования национальных и международных стандартов			2 дня (16 ч)	апрель, июль, октябрь	
163	Изготовление конструкций из стали согласно требований ДСТУ EN 1090			32 ч	февраль	

2. Повышение квалификации педагогических работников системы профессионально-технического образования в области сварки

203	Повышение квалификации мастеров (инструкторов) производственного обучения по сварке	110 ч	по согласованию с заказчиком
204	Повышение квалификации преподавателей специальных дисциплин профессионально-технических учебных заведений по направлению «Сварка»	70 ч	

3. Профессиональная подготовка, переподготовка и повышение квалификации квалифицированных рабочих в области сварки и родственных технологий (с присвоением квалификации в соответствии с национальной и международной квалификационными системами)

Курсовая подготовка СВАРЩИКОВ:				
301	ручной дуговой сварки покрытыми электродами (с присвоением национальной и международной квалификации)	9 недель (356 ч)	постоянно, (индивидуальная подготовка по модульной технологии)	
302	ручной дуговой сварки неплавящимся металлическим электродом в инертных газах (TIG) (с присвоением национальной и международной квалификации)	5 недель (192 ч)		
304	механизированной дуговой сварки плавящимся электродом в защитных газах (MIG/MAG) (с присвоением национальной и международной квалификации)	7 недели (276 ч)		
306	автоматической дуговой сварки под флюсом / в защитных газах	3 недели (112 ч)		
308	контактной (прессовой) сварки (рельсов, промышленных трубопроводов)	3 недели (112 ч)		
309	пластмасс (сварка трубопроводов из полиэтиленовых труб) с аттестацией в соответствии с ДСТУ EN 13067	5 недель (196 ч)		
Подготовка сварщиков по программам Международного института сварки с присвоением квалификации:				
310	Международный сварщик угловых швов (IFW) с аттестацией по ДСТУ EN ISO 9606-1	130 – 210 ч ²	постоянно, (индивидуальная подготовка по модульной технологии)	
312	Международный сварщик плоских соединений (IPW) с аттестацией по EN ISO 9606-1	250 – 380 ч ²		
315	Международный сварщик труб (ITW) с аттестацией по EN ISO 9606-1	360 - 510 ч ²		
318	Международный практик-сварщик (IWP) с аттестацией по EN ISO 9606-1	35 - 153 ч ²		
Переподготовка СВАРЩИКОВ с присвоением квалификации «Международный сварщик»: (IFW, IPW, ITW)				
321	переподготовка сварщиков ручной дуговой сварки покрытыми электродами (MMA) с аттестацией по ДСТУ EN ISO 9606-1	74 - 112 ч ²	постоянно, (индивидуальная подготовка по модульной технологии)	
322	переподготовка сварщиков механизированной дуговой сварки плавящимся электродом в защитных газах (MIG/MAG) с аттестацией по ДСТУ EN ISO 9606-1	76 - 118 ч ²		
323	переподготовка сварщиков ручной дуговой сварки неплавящимся металлическим электродом в инертных газах (TIG) с аттестацией по ДСТУ EN ISO 9606-1	74 - 78 ч ²		
Повышение квалификации СВАРЩИКОВ:				
330	ручной дуговой сварки покрытыми электродами	2 недели (72 ч)	постоянно, (индивидуальная подготовка по модульной технологии)	
331	ручной дуговой сварки неплавящимся металлическим электродом в инертных газах	2 недели (72 ч)		
333	механизированной дуговой сварки плавящимся электродом в защитных газах (MIG/MAG)	2 недели (72 ч)		
334	механизированной дуговой сварки порошковой проволокой	2 недели (72 ч)		
335	автоматической дуговой сварки под флюсом / в защитных газах	2 недели (72 ч)	по согласованию с заказчиком	
336	электрошлаковой сварки	2 недели (72 ч)		
Курсовая подготовка контролеров неразрушающего контроля:				
343	Специализация - визуально оптический контроль	72/196 ч ³	индивидуальная подготовка по согласованию с заказчиком	
344	Специализация – радиографический контроль	72/196 ч ³		
345	Специализация – ультразвуковой контроль	72/196 ч ³		
346	Специализация – магнитопорошковый контроль	72/196 ч ³		
347	Специализация – капиллярный контроль	72/196 ч ³		
Целевая подготовка и подтверждение квалификации:				
362	Персонала, занимающегося нанесением защитных покрытий	электродуговым напылением	3 недели (112 ч)	по согласованию с заказчиком
363		газопламенным напылением	3 недели (112 ч)	
364		детонационным напылением	3 недели (112 ч)	
365		плазменным напылением	3 недели (112 ч)	
367	сварщиков механизированной дуговой сварки плавящимся электродом в защитных газах выполняющих наплавку острого, крестовин стрелочных переходов железнодорожных путей с аттестацией согласно СОУ 35.2-00017584-030-1:2009	5 недель (194 часа)	по согласованию с заказчиком	

4. Аттестация персонала сварочного производства

400	Аттестация координаторов (руководителей) сварочных работ в соответствии с ДСТУ ISO 14731	8 ч	проводится по окончании курсов 101-109	
401	Специальная подготовка и аттестация сварщиков в соответствии с правилами НПАОП 0.00-1.16-96 и стандартами ДСТУ EN ISO 9606-1,2,3,4,5, ДСТУ ISO14732	72 ч	постоянно	
402	Дополнительная и внеочередная аттестация сварщиков согласно с НПАОП 0.00-1.16-96	24 ч		
403	Периодическая аттестация сварщиков в соответствии с НПАОП 0.00-1.16-96, ДСТУ EN ISO 9606-1,2,3,4,5	32 ч		
405	Специальная подготовка и аттестация сварщиков авиационной промышленности в соответствии с ДСТУ ISO 24394	72 ч		
406, 457	Периодическая аттестация сварщиков в соответствии с международными (европейскими) стандартами EN ISO 9606-1	24 ч		
407	Специальная подготовка и аттестация операторов автоматической сварки плавлением в соответствии с стандартом ДСТУ ISO 14732	2 недели (72 ч)		
411	Специальная подготовка и аттестация сварщиков на допуск к выполнению сварочных работ при ремонте действующих магистральных трубопроводов (под давлением)	3 недели (112 ч)	по согласованию с заказчиком	
412	Периодическая аттестация сварщиков на допуск к выполнению сварочных работ при ремонте действующих магистральных трубопроводов (под давлением)	32 ч		
413	Специальная подготовка и аттестация операторов-сварщиков контактно-стыковой сварки рельсов в соответствии с ДСТУ ISO 14732 и СОУ 35.2-00017584-030-1:2009	2 недели (72 ч)	проводится по окончании курса 308	
414	Аттестация сварщиков пластмасс в соответствии с ДСТУ EN 13067 (сварка трубопроводов из полиэтиленовых труб)		проводится по окончании курса 309	
415	Периодическая аттестация сварщиков пластмасс (сварка трубопроводов из полиэтиленовых труб) в соответствии с ДСТУ EN 13067	32 ч	ежеквартально	
421	Специальная подготовка дефектоскопистов к сертификации согласно ДСТУ EN 9712	ультразвуковой контроль	32 / 36 / 64 (I yr) ч ⁴	индивидуальная подготовка по согласованию с заказчиком
423			40 / 48 / 72 / 80 / 144 (II yr) ч ⁴	
427		радиографический контроль	36 / 40 / 72 (I yr) ч ⁴	
430			40 / 48 / 76 / 80 / 152 (II yr) ч ⁴	
433		визуально-оптический контроль	16 / 20 / 30 (I yr) ч ⁴	
436	20 / 24 / 35 / 40 / 70 (II yr) ч ⁴			
448	Переаттестация сварщиков контактной стыковой сварки железнодорожных рельсов согласно требованиям ДСТУ ISO 14732 и СОУ 35.2-00017584-030-1:2009	32 ч	февраль	
5. Тренинги, тестирование и подтверждение квалификации				
501	Профессиональное тестирование и подтверждение квалификации сварщиков механизированной дуговой сварки плавящимся электродом в защитных газах (MIG/MAG)	4 – 12 ч ⁵	по согласованию с заказчиком	
502	Профессиональное тестирование и подтверждение квалификации сварщиков ручной дуговой сварки неплавящимся металлическим электродом в инертных газах (TIG)	4 – 12 ч ⁵		
503	Профессиональное тестирование и подтверждение квалификации сварщиков ручной дуговой сварки покрытыми электродами (MMA)	4 – 16 ч ⁵		
512	Практические тренинги по различным способам сварки	8 – 32 ч ⁵		

¹ – Продолжительность обучения определяется в зависимости от базовой профессиональной подготовки и опыта работы в сварочном производстве.

² – Продолжительность обучения зависит от специализации.

³ – Длительность программы определяется по результатам входного тестирования.

⁴ – Продолжительность обучения указывается в направлении ОСП (орган по сертификации персонала).

⁵ – Длительность программы зависит от условий и характера испытаний.

- По согласованию с Заказчиками возможно проведение обучения по другим программам, не вошедшим в данный перечень.
- На период обучения слушателям предоставляется жилье с оплатой за наличный расчет.
- Стоимость обучения определяется при заключении договора.
- Для приема на обучение необходимо направить заявку с указанием шифра курса, количества специалистов и почтовых реквизитов предприятия.

Украина, 03150, г. Киев, ул. Антоновича, 56.

Тел.: (044) 456-63-30, 456-10-74, 200-82-80, 200-81-09, факс: 456-48-94;

E-mail: paton_muac@ukr.net,

<http://muac.kpi.ua>

●#1887



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

Прорабатываем возможность снижения массы шахтного скипа, путем применения титанового сплава для изготовления секторного затвора. Технологией и опытом сварки титановых сплавов не владеем. Расскажите, пожалуйста, о практическом применении различных способов сварки титана и его сплавов.

Придворов П.А. (Славянск)

Трудности при сварке титана возникают в первую очередь из-за его высокой химической активности при повышенных температурах. В результате взаимодействия с газами атмосферы сплавы титана теряют пластичность и приобретают склонность к замедленному разрушению. В швах образуются дефекты (поры), вследствие чего имеет место значительное снижение сопротивления усталости, приводящее к разрушению сварной конструкции. Сварка термически нестабильных сплавов затруднена в связи с особенностями структурных изменений и фазовых превращений в металле шва и ЗТВ при термомеханическом цикле сварки, в результате чего возможно образование хрупких и нестабильных фаз. Однако путем выбора способов сварки, применения оптимальных режимов сварки и термической обработки в большинстве случаев удается получить работоспособные сварные соединения.

На сегодня для соединения титана и его сплавов нашли практическое применение большинство существующих способов сварки плавлением, за исключением ручной дуговой сварки штучными электродами.

Основной трудностью, возникающей при сварке плавлением титана, является обеспечение надежной защиты от контактов с воздухом сварочной ванны, корня шва, а также остывающих участков сварного соединения.

Защите подлежат участки сварного соединения, нагретые выше температуры, при которой начинается заметное взаимодействие титана с газами атмосферы. В литературе и инструкциях ее считают равной 250-400 °С. Для защиты используют вакуум и инертные газы: аргон, гелий и их смеси. В связи с тем, что качество сварного соединения зависит от чистоты инертного газа, для защиты применяют аргон 1-го и высшего сортов (ГОСТ 10157-79) и гелий высокой чистоты (ТУ 51-940-80).

В зависимости от размеров свариваемых изделий и требований к их качеству используются следующие варианты защиты зоны сварки инертным газом: общая защита изделия в камере с контролируемой атмосфе-

рой; локальная защита сварного соединения с использованием местных микрокамер; струйная защита зоны сварки и остывающих участков соединения, осуществляемая их непрерывным обдувом с помощью специального сопла с увеличенным диаметром.

Сварка титановых сплавов в вакууме выполняется при давлении остаточных газов 1×10^{-2} Па. Находит также применение сварка в низком вакууме, полностью исключающим загрязнение металла сварного соединения вредными примесями (газами) и обеспечивающим максимальное приближение пластичности и вязкости сварного соединения к аналогичным свойствам основного металла.

Качество сварных соединений титана во многом определяется технологией подготовки кромок деталей под сварку и маркой сварочной титановой проволоки. Подготовка кромок под сварку выполняется только механическим способом. Шероховатость поверхности кромок должна быть не хуже $R_z = 40$. При зачистке абразивными кругами нельзя допускать перегрева металла, который вызывает образование на поверхности сварки соединения цветов побежалости. Перед прихваткой и сваркой зачищенные поверхности сварного соединения и сварочную проволоку обезжиривают, затем удаляют влагу с помощью чистых бязевых салфеток, смоченных ацетоном и этиловым спиртом.

Для сварки титана наиболее широкое применение нашли дуговые способы сварки, из которых наиболее распространенной является сварка неплавящимся вольфрамовым электродом в инертных газах (ТИГ). Этот способ сварки является наиболее универсальным, поскольку позволяет выполнять соединения в различных пространственных положениях, в стесненных условиях и не требует переналадки оборудования при изменении толщины свариваемого металла и типа соединения.

Автоматическая, механизированная и ручная ТИГ сварка могут выполняться непрерывно горячей и импульсной дугой. При сварке ТИГ поверхностной дугой без разделки кромок за один проход соединяются листы титановых сплавов толщиной менее 5 мм. Стыковые соединения титана больших толщин выполняют многослойной сваркой с разделкой кромок или в щелевую разделку и с подачей присадочной проволоки. Для сварки титана и его сплавов применяют титановые сварочные проволоки, состав которых зависит от типа соединяемых материалов и термической обработки сварных изделий.

С целью повышения проплавляющей способности дуги при сварке ТИГ разработан ряд усовершенствований. Для соединения титана и его сплавов применяют следующие способы сварки ТИГ: погруженной дугой без и с электромагнитным перемешиванием сварочной ванны, сквозным проплавлением, сварка по флюсу, с присадочной порошковой проволокой, в узкую (щелевую) разделку, двухдуговая и др.

При сварке погруженной дугой конец вольфрамового электрода находится ниже поверхности свариваемого металла. Это приводит к значительному увеличению коэффициента эффективности использования тепловой мощности дуги и позволяет сваривать за один проход без разделки кромок листы металла толщиной до 15 мм. В случае двухсторонней сварки этим способом можно сваривать листы титана толщиной до 36 мм. При этом сварные швы с каждой стороны листа выполняются в два прохода без применения присадочной проволоки: первый проход - погруженной дугой для получения требуемой глубины проплавления; второй - поверхностной дугой для сглаживания шва и придания ему требуемых размеров.

Электромагнитное перемешивание сварочной ванны приближает уровень механических свойств и электрохимических характеристик сварного соединения к аналогичным показателям основного металла, а также способствует снижению дефектности, в частности пористости швов.

Для повышения значения коэффициента наплавки при многослойной односторонней ТИГ сварки в разделку листов титана толщиной до 50 мм разработана технология с применением двух электродов, расположенных в плоскости, перпендикулярной оси шва. При этом сварку листов металла 50 мм выполняют за 6 - 8 проходов с использованием присадочной проволоки \varnothing 5 - 7 мм. Этот способ применяется в тех случаях, когда состав металла шва отличается от основного металла, а также при наплавке.

Сварка ТИГ сквозным проплавлением позволяет за один проход сваривать листы металла толщиной до 12 мм; установочная длина дуги составляет 0,5 - 1,0 мм. Для получения проплавления типа «замочная скважина» режим сварки устанавливается так, чтобы под дугой в металле образовывалось отверстие, заполняемое по мере продвижения дуги жидким металлом. Для получения усиления шва при таком способе сварки требуется выполнение второго прохода с использованием присадочной проволоки.

Эффективным способом воздействия на проплавляющую способность дуги, а также на формирование шва и структуру его металла является аргонодуговая сварка по флюсу (А-ТИГ), при которой в атмосферу дуги вводятся галогениды щелочных и щелочноземельных металлов, приводящие к изменению характера проплавления металла и формированию швов за счет контрагирования дуги. Сварка А-ТИГ по флюсу, наносимому на поверхности свариваемых кромок, позволяет получить однопроходные швы без разделки кромок на листах ти-

тана толщиной до 7 мм. При этом, благодаря повышению концентрации тепловой энергии в анодном пятне значительно уменьшаются необходимые для сварки ток и погонная энергия. Флюс способствует не только увеличению глубины провара, но и изменению формы проплавления. Ширина обратного валика при сварке А-ТИГ с возрастанием сварочного тока увеличивается быстрее, чем ширина шва.

Для соединения листов титана средней и большой толщины применяется сварка в узкий зазор. Этот способ сварки позволяет уменьшить примерно на 30 % объем наплавленного металла при повышении производительности процесса и снижении трудоемкости работ, связанных с подготовкой кромок под сварку. Для надежного сплавления металла шва со стенками разделки при ручной сварке вольфрамовым электродом используют горелку со специальным приспособлением, обеспечивающим сварку в реверсируемом аксиальном магнитном поле.

Для сварки листов металла толщиной до 110 мм предложен способ автоматической сварки в узкий зазор вольфрамовым электродом с дугой, управляемой магнитным полем. Этот способ сварки позволяет снизить расход сварочных материалов в 1,5 - 2,0 раза, повысить производительность процесса и уменьшить дефектность, обеспечивает получение металла швов с однородной структурой и высокие показатели механических и коррозионных свойств сварных соединений.

Сварка плавящимся электродом \varnothing 1,6 - 5,0 мм в инертных газах (МИГ) применяется при выполнении стыковых, тавровых и нахлесточных соединений листов титана толщиной более 3 мм в нижнем положении. Сварку выполняют на постоянном токе обратной полярности. При МИГ сварке сплавов титана можно получить оптимальные свойства сварных соединений путем выбора состава металла шва при изменении химического состава плавящегося электрода или регулирования доли основного металла. При автоматической сварке применяют проволоку \varnothing 1,6 - 5,0 мм, при полуавтоматической - \varnothing 1,6 - 2,0 мм.

При МИГ сварке титана размеры швов и качество их формирования зависят от подаваемого в горелку защитного газа. Швы при сварке в гелии получаются с более плавным переходом, чем при сварке в аргоне, а проплавление основного металла, более широкое, но менее глубокое. Применение гелия позволяет повысить тепловую мощность дуги и производительность процесса расплавления, что особенно важно при сварке листов титана средней и большой толщины. Однако, при МИГ сварке в аргоне происходит меньшее разбрызгивание расплавленного металла, чем при сварке в гелии. При этом расход аргона в 2 - 3 раза меньше, чем гелия. При сварке в аргоне снижается также напряжение на дуге. Поэтому при сварке титана рекомендуется использование смеси 80% He + 20% Ar, обеспечивающие хорошее формирование швов и стабильность процесса. Сварка стыковых соединений из листов сплавов титана средней и большой толщины произ-

водят с разделкой кромок, оптимальный угол раскрытия которых составляет 60° .

Для листов титановых сплавов толщиной 2,5 - 40 мм в ИЭС им. Е.О. Патона создана технология сварки плавящимся электродом под бескислородными галоидными флюсами сухой грануляции серии АНТ. Сварку под флюсом стыковых, угловых и нахлесточных швов выполняют на постоянном токе обратной полярности. Сварку стыковых швов листового титана осуществляют на медной подкладке, на флюсовой подушке, а также на остающейся подкладке. Листы металла толщиной 10 - 12 мм сваривают однопроходными швами без разделки кромок, а 20 - 25 мм - многопроходными швами. Для улучшения формирования швов сварку выполняют в разделку с углом раскрытия 90° и притуплением 3 - 5 мм. Техника автоматической сварки титана под флюсом не отличается от используемой для сварки сталей. Металл швов, выполненный плавящимся электродом под флюсом, характеризуется хорошими механическими свойствами, высокой плотностью и отсутствием пор.

Для сварки листов титана толщиной более 40 мм в ИЭС им. Е.О. Патона разработан способ электрошлаковой сварки (ЭШС). В связи с высоким электрическим сопротивлением титана при сварке этим способом используют электроды большого сечения - пластинчатые и проволочные, а также плавящиеся мунштуки. Для ЭШС применяют тугоплавкие бескислородные флюсы (типа АН-Т2), а поверхность шлаковой ванны защищают аргоном.

Среди способов сварки плавлением все большее применение находят лучевые способы. Для соединений титана наибольшее применение нашла электронно-лучевая сварка (ЭЛС). ЭЛС титана осуществляют в вакууме (при давлении остаточных газов от 1×10^{-3} до 1 Па), что создает экологически чистые условия производства, высокий уровень комфортности эксплуатации оборудования, однако требует высокой степени механизации и автоматизации всех операций. Высокая концентрация энергии в электронном пучке (наибольшая плотность мощности 5×10^7 Вт/см²), локальность нагрева металла (наименьшая плотность поперечного сечения 1×10^{-4} см²), минимальная деформация свариваемого металла, вакуумная защита зоны сварки и остывающих участков шва, дистанционное управление процессом, точная управляемость пространственно-энергетическими параметрами электронного луча, высокий КПД, а также хорошие механические свойства сварных соединений, выполненных способом ЭЛС, определяют ее высокую конкурентоспособность и перспективность. При ЭЛС титана для получения качественных швов требуется более высокая точность сборки изделий под сварку по сравнению с дуговыми процессами сварки плавлением, а также строгое соблюдение допустимых размеров зазора между кромками. Поэтому в ряде случаев ЭЛС выполняют по утолщенным кромкам, которые после окончания процесса сварки убирают с

помощью механической обработки.

ЭЛС титана характеризуется глубоким проплавлением при низких значениях погонной энергии. Минимальная зона расплавления при ЭЛС приводит к значительному уменьшению деформации изделий по сравнению с др. способами сварки плавлением. При ЭЛС титана можно выполнять швы принципиально новых видов, например, соединение элементов конструкций, расположенных на разной высоте, сварку в щелях, а также прорезные швы, при которых непосредственному воздействию источника нагрева доступен верхний элемент. ЭЛС изделий из титана осуществляют в нижнем положении, а также горизонтальным лучом со сквозным проплавлением. При этом шов может выполняться на горизонтальной или вертикальной плоскостях. Горизонтальное расположение сварочной ванны обеспечивает получение качественного формирования швов с практически параллельными границами на листах сплава титана толщиной более 100 мм.

Для сварки титана и его сплавов применяется и лазерная сварка (ЛС). Лазерное излучение обеспечивает высокую концентрацию энергии, в чем существенно превосходит др. источники энергии, используемые для сварки (наименьшая площадь поперечности сечения лазерного луча 1×10^{-6} см², наибольшая плотность мощности 1×10^9 Вт/см²). При ЛС титана в отличие от ЭЛС не требуется вакуумных камер. Процесс ЛС осуществляется в защитных газах - аргоне и гелии, поэтому она применима для соединения элементов конструкций любых габаритов. Особенностью лазерного излучения является простота его транспортировки - с помощью зеркальных оптических систем оно может быть направлено в труднодоступные места, подано на значительные расстояния без потерь энергии, использовано в нескольких рабочих местах. Такие особенности лазерного излучения создают возможность легкого и оперативного управления процессом ЛС. К тому же на лазерный луч не оказывают влияние магнитные поля технологической оснастки. Это позволяет получить качественное формирование сварного шва по всей его длине.

Для сварки листов титана толщиной до 25 мм применяется твердотельные и газовые лазеры в режимах импульсно-периодического и непрерывного действия. Процессы автоматической и ручной ЛС малых толщин осуществляются в непрерывном и в импульсном режимах (шовная и точечная сварка). Способ ЛС с глубоким проплавлением выполняется только в автоматическом режиме. При сварке титана особенно заметны преимущества ЛС с глубоким проплавлением. Механические свойства сварных соединений титана, выполненных ЛС, находятся на уровне свойств основного металла.

Информация подготовлена по материалам справочников и технической литературы

● #1888

«Вулкан» на земле и в космосе. 50 лет назад началась эра космических технологий

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

12 апреля 1961 г. полет Ю.А. Гагарина на космическом корабле «Восток» открыл эру пилотируемой космонавтики. 20 февраля 1962 г. США провели первый орбитальный пилотируемый космический полет корабля «Меркурий-Атлас-6» с астронавтом Дж. Гленном. Началась космическая гонка, продолжалось освоение новой для человечества среды, совершенствовались летательные аппараты.

В августе 1962 г. в ходе полета космических кораблей «Восток-3» и «Восток-4», пилотируемые Андрианом Николаевым и Павлом Поповичем, проведены первые эксперименты по радиосвязи между экипажами двух кораблей в космосе, по ручному управлению, выполнена программа научно-технических и медико-биологических экспериментов. 18 марта 1965 г. с борта космического корабля «Восход-2» вышел в открытый космос А.А. Леонов.

Число запусков увеличивалось, космические корабли оснащались все более сложной техникой, при этом возрастала вероятность поломки, возникновения дефектов техники и поражения метеоритом. Космические державы по-разному относились к такой ситуации. В США считали, что поломанную технику нужно заменить на новую, в СССР – ремонтировать по возможности на месте. С начала XX столетия одной из самых надежных производственных технологий изготовления и ремонта техники была сварка. Но кто осмелится затащить на космический корабль технологию, основанную на расплавлении металла? Даже на земле сварочные работы бывают причиной пожаров.

Однако в 1969 г. ТАСС сообщило: «... Экипаж космического корабля «Союз-6» в составе подполковника Г.С. Шонина и бортинженера В.Н. Кубасова осуществил эксперименты по проведению сварочных работ в космосе. Целью этих экспериментов являлось определение особенностей сварки различных металлов в условиях космического пространства...».

Прошло 50 лет. История нового этапа покорения космоса уже изложена в научных монографиях, книгах и в интернете [1]. Казалось бы, что можно добавить к официальной уже рассекреченной информации. Известные источники констатируют историю техники, уже готовые результаты; упоминают и участников событий. И мало кто знает о том, какие научные, технические, организационные, политические и даже физические трудно-

сти пришлось преодолевать создателям этой невиданной ранее технологии.

В архиве ИЭС им. Е.О. Патона НАНУ хранятся протоколы совещаний и распоряжений Бориса Евгеньевича Патона, теперь уже не секретные отчеты и постановления. По этим документам можно проследить динамику напряженной работы директора и возглавляемого им коллектива. Интересны также воспоминания участников этих исторических событий.

Большинства из них уже нет, несколько воспоминаний записано. А оставшимся – по 80 лет, а инициатору – 101 год. Но, слава Богу, все в доброй памяти, активно вспоминают минувшие дела и сами удивляются: «Как мы смели и смогли такое сделать!».

О том, как это было вспоминают Ю.Н. Ланкин, Е.Н. Байштрук, А.Е. Марченко, В.Д. Шелягин, В.В. Юматов. Сам же Борис Евгеньевич много рассказал в интервью и написал в научных и популярных журналах.

Б.Е. Патон дает старт первой космической технологии.

В книге, вышедшей к 90-летию Б.Е. Патона, его ближайшие соратники академики НАНУ И.К. Походня и В.К. Лебедев пишут: «Как правило, Борис Евгеньевич отдыхает в Крыму и там определенное время посвящает генерированию новых идей, подготовке конкретных задач для Института электросварки и других институтов, аппарату Президиума. В академических кругах эти его задания получили название «черноморские волны». После отпуска все поручения «морских волн» обсуждаются, готовятся плановые задания на ближайшее время, на полгода и на перспективу» [2].

А в 1963 г. Борис Евгеньевич поставил самому себе задание, многим показавшееся фантастическим. Б.Е. Патон поделился идеей в самом массовом научно-популярном журнале: «Писатели-фантасты любят описывать острые моменты, когда маленькие осколки метеоритов пробивают обшивку кораблей. При этом всегда возникают драматические ситуации, в которых космонавтов спасают или сверхпрочные скафандры или различные экраны космической защиты. Но мне кажется, что отправляя межпланетные корабли по неизведанным трасам, человечество разработает более надежные способы защиты. Ну, а если все-таки в один из отсеков попадет метеорит, то в ликвидации аварии космонавтам поможет механический робот-свар-

щик. Электронные операторы в сотые доли секунды определяют уровень аварии, вычисляют по скорости падения давления размер поражения, мгновенно дадут задание роботу-сварщику. Еще большая роль работам данного профиля будет отводиться при постройке всех без исключения космических объектов. Космические ракеты, станции, города. Чтобы их оболочки надежно защищали человека от всех вредных влияний, потребуется создание и соединение сверхпрочных материалов в условиях космоса» [3]. Вспоминается мысль философа и писателя Д. Дьюи «Каждый великий успех науки имеет своим истоком великую дерзость воображения».

В день своего 100-летнего юбилея Борис Евгеньевич Патон дал интервью В. Губареву. На вопрос: «К космосу вас привлек Королев. Это была его инициатива?», Б.Е. Патон ответил: «Я очень сам хотел заниматься этим делом. Тогда космос был экзотикой, все стремились к нему. С производством ракет, кораблей, спутников мы были связаны. Но то были совсем «земные» дела, а хотелось работать вне Земли. И Королев помог осуществить эту мечту. ... Именно при нем начались наши совместные работы, в т. ч. и сварка в космосе. Он понимал, что она нужна для орбитальных полетов. При нем мы сделали первый аппарат, который запустили в 1969-м г.» [4].

Многие считали, что эта задача намного опережает время и пока реализации недоступна. Проблема была абсолютной новой с десятком неопределенных параметров. Было ясно, что грандиозная индустриализация космоса должна решаться с учетом особенностей данной среды. На применении в условиях невесомости ни одна из земных технологий не ориентировалась. Что касается сварки и родственных технологий, то серьезные опасения вызывала безопасность экипажа и самого корабля из-за образования на летающем объекте расплавленного металла и функционирования высокотемпературных источников нагрева с потенциально высокой поражающей способностью.

Разработка техники по первому заданию - земные процессы в вакууме.

И на первом этапе Б.Е. Патон назначил широко-масштабный поиск.

Протокол совещания у директора № 472 от 18.11.1963 г.

Слушали: О работах по созданию установок и технологии сварки металлов в космосе (сообщение Б.Е. Патона).

Решили: 1. Считать целесообразным в 1964 г. в научных отделах ИЭС приступить к разработке комплексной поисковой темы по сварке в космосе.

2. Поручить тов. Дудко ... в ноябре-декабре 1963 г. выяснить в соответствующих организациях ... необходимые ТЗ и ТУ на сварку в космосе.

Директор института

Академик Б.Е. Патон».

Протокол совещания у директора № 512 от 30.12.1963 г. (фамилии не указываем). Слушали: О работах по сварке в космосе.

Решили: В 1964 г. приступить к широким космическим исследованиям по созданию способов сварки в космосе, включающих разработку технологии, техники и оборудования для сварки и резки, а также исследование металлургических вопросов сварки различных металлов в специфических условиях космоса. Считать необходимым с февраля 1964 г. приступить к поискам и экспериментальным работам по следующим направлениям:

а) дуговая сварка плавлением, сварка дугой и плазмой, сварка плавящимся и неплавящимся электродом, сварка с присадкой и без нее;

б) электронно-лучевая сварка, без присадки и с присадкой;

в) диффузионная сварка;

г) газопрессовая сварка и газовая сварка плавлением;

д) холодная сварка;

е) пайка и сварка разнородных металлов;

ж) резка, керосинно-кислородная, плазма, лазер, электронный луч;

з) новые методы сварки.

Исполнителей работ для космоса с февраля 1964 г. освободить от работ по др. тематике, полностью переключив на тематику сварки в космосе.

Общее руководство НИР по проблеме «Сварка в космосе» возложить на директора ИЭС т. Патона. Ход НИР по данной тематике 1 раз в месяц обсуждать у директора ИЭС.

Директор института

Академик Б.Е. Патон».

Вскоре было поручено сделать и испытать термитные электроды, изучать возможности пайки [5].

В 1964 г. был составлен план совместных работ по сварке в космических условиях, подписанный руководителем ОКБ-1 С.П. Королевым и директором ИЭС им. Е.О. Патона Б.Е. Патоном. Так было зафиксировано начало новой научно-технической отрасли - космической технологии.

С.П. Королев подключил к работам М.В. Мельникова, М.К. Тихонравова, А.А. Северова, И.И. Райкова, Я.И. Трегуба, В.К. Гришина, В.П. Никитского. К работе привлекались ученые Института электродинамики (Ю.И. Драбович и М.М. Юрченко) и других институтов и КБ.

Критериями оценки технологий были универсальность, технологичность, простота. Экспериментально удалось установить непригодность сварки взрывом, диффузионной и ряда др. способов сварки. На первом этапе были отобраны электронно-лучевая, плазменная, дуговая плавящимся электродом, контактная, холодная.

Срочно Б.Е. Патон разворачивает создание установок и исследования сварочных технологий в усло-

виях, имитирующих космические. Точнее, в одном из «условий» - в вакууме. Естественно, общее руководство осуществлялось самим Борисом Евгеньевичем, а координация работ исполнителей, работавших в различных подразделениях ИЭС, проводилась Д.А. Дудко. Основные конструкторские работы механической части оборудования выполнялись Г.П. Дубенко, В.В. Стесиним и А.А. Загребельным, а электрическую часть проектировали Г.Я. Хлыстиков и А.П. Разинков. Электроннолучевая пушка (ЭЛП) разработана О.К. Назаренко и В.И. Чаловым, системы питания для ЭЛП созданы В.Д. Шелягиным, а инверсионные источники Ю.И. Дрбовичем и Н.Н. Юрченко (Институт электродинамики АН Украины). Системы электропитания, управления и измерения параметров бортового и испытательного оборудования разрабатывались Ю.Н. Ланкиным, Ю.А. Масаловым и Е.Н. Байштруком. Оборудование для сварки плавящимся электродом разрабатывали А.Е. Марченко и Ю.Д. Морозов, для сварки сжатой дугой С.П. Лакиза, а для контактной точечной сварки - Г.В. Горбунов, А.И. Берзин, В.В. Юматов, В.Ф. Берестян. Скоростная и обычная киносъемка, осциллографирование процессов сварки проводились В.Ф. Лапчинским [5].

О том, с каким напряжением создавалась необычная техника, рассказал А.А. Загребельный: «Наш отдел космических технологий создавался долго и трудно. Работа все годы была очень напряженной. Многие к нам рвались – и «сливки» и обычные специалисты. Постепенно происходил отбор сотрудников, наиболее подготовленных к нашим условиям. Б.Е. Патон 2-3 раза в неделю приходил в отдел и детально вникал во все стороны работы. Такое постоянное внимание ко многому обязывало. Отдел – его детище. Как-то раз, когда академия попала в очень трудное положение, он сказал: «Чтобы не было с институтом, а отдел космических технологий погибнет последним!»

Б.Е. Патон эту работу начинал с чистого листа! Несмотря на это, не раз «приводил нас в чувство», охлаждал наши излишние фантазии, подбрасывал перспективные идеи... Он очень ровно относится ко всем направлениям работ, но наш отдел его любимое детище! И поэтому нам от Б.Е. Патона, как говорят, «нет спаса» - разработки по его идеям следуют одна за другой. Иногда хочется сказать – пожалейте! Но сам он работает так, словно считает себя бессмертным» [6].

Иллюстрацией могут служить сотни протоколов совещаний и конкретных сложных поручений. Например, таких (фамилии мы опускаем):

Протокол совещания у директора № 410 от 27.06.1964 г.

Слушали: О работах по сварке в космосе.

Решили: Предупредить всех исполнителей. Что, если при проверке в начале сентября будет установлено невыполнение задания по данному протоколу,

то исполнители будут понижены в должности и на них будут наложены административные взыскания».

Протокол совещания у директора № 458 от 2.07.1964 г.

Слушали: О работах по сварке в космосе.

Решили: Принять к сведению заключение и предложение комиссии по приемке способа дуговой плазменной сварки. До 24.09.64 выдать основные требования к образцу для сварки в «бочке» и пределы мощности.

А, между прочим, август месяц - традиционное в ИЭС время отпусков.

Протокол совещания у директора № 504 от 19.09.1964 г.

Слушали: О ходе работ по теме «ЗВЕЗДА».

Решили: Принять к сведению заключение и рекомендации комиссии по приемке пушки и технологии ЭЛС.

До 25.09.64 г. выдать полное техническое задание на образец для ЭЛС.

Директор института

Б.Е. Патон

Протокол совещания у директора № 526 от 29.09.1964.

Слушали: О ходе работ по теме «ЗВЕЗДА»

Решили: До 10 октября 1964 г. срочно создать, переоборудовав имеющееся оборудование, лабораторный источник питания с широкими возможностями для непрерывных работ по малогабаритной пушке для ЭЛС.

График работ представить на утверждение к 5.10.64 г.

Утром 1.10.64 г. представить директору конкретные предложения по переоборудованию существующего источника питания для ЭЛС.

Директор института

Б.Е. Патон» [5].

Обратите внимание на номера протоколов. И это за одну рабочую неделю.

К началу 1965 г. были спроектированы и изготовлены специальные стенды (шифр А-1084), состоящие из вакуумных камер, насосов, авиационных и скоростных кинокамер, осциллографов, аппаратуры управления, источников питания, акселе-

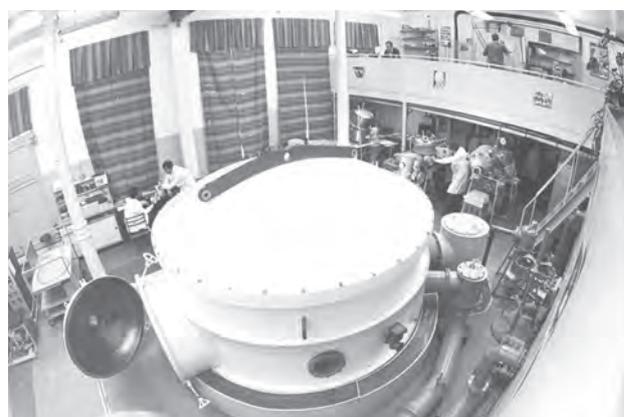


Рис. 1. ИЭС им. Е.О. Патона. Лаборатория космических исследований, 1970 г.

рометров. На крышках камер устанавливали аппараты для сварки электронным лучом, сжатой плазменной дугой или плавящимся электродом.

Настал час испытаний в невесомости. И как оказалось, испытаний не только технологий и оборудования, но и самих сотрудников ИЭС им. Е.О. Патона.

Лаборатория ИЭС им. Е.О. Патона летала по «кривой Кеплера».

Невесомость на Земле можно создать при полете самолета по особой траектории. Ученые называют эту траекторию «кривой Кеплера», летчики – «горкой», инструкторы Центра подготовки космонавтов – «параболическим полетом».

Самолет летит на высоте 5 – 6 км, взмывает, достигает высоты 7,5 – 8 км и начинает описывать кривую Кеплера. Невесомость наступает на конце восходящего участка и продолжается 25-30 сек. вплоть до прохождения самолетом такой же высоты на нисходящей ветви кривой. Подъем на горку и спуск сопровождаются трехкратными перегрузками. А крылья колеблются так, что кажется, что самолет ими машет.

В то время в мире было всего пять мест, где создавалась невесомость. В СССР для летающей лаборатории было переделано два самолета Ту-104АК – бортовые. Летающая лаборатория находилась в ведении Летного испытательного института (г. Жуковский, Московская область).

В 1965 г. стенды А-1084 доставили в Жуковский. Здесь их прочно закрепили в салоне Ту-104АК. Патоновцы наладили оборудование. Распределили обязанности. Проверять готовность приехал сам Б.Е. Патон. Он сразу заметил, что кроме институтских стендов в салоне находится установка для пайки световым лучом, созданная в Московском авиационно-технологическом институте им. К.Э. Циолковского Г.Д. Никифоровым, М.Н. Опариним, С.А. Федоровым.

Но лететь Б.Е. Патону запретили - он не имел

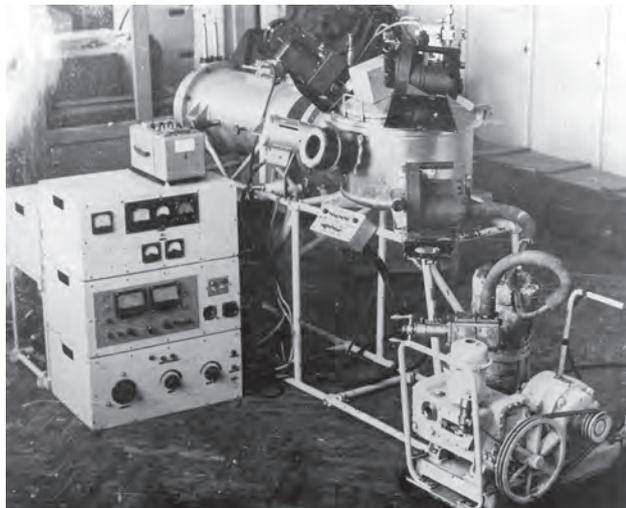


Рис. 2. Стенд А-1084 для исследования процессов сварки в невесомости на самолете Ту-104А

удостоверения парашютиста. Сотрудники ИЭС им. Е.О. Патона уже прошли парашютную подготовку. И теперь им выдали парашюты. Основной пристегивался за спиной. Запасной парашют должен быть спереди, на груди, но он мешал работать и его «забывали» пристегнуть. Объяснили, что по тревоге ученые должны... нет, не выпрыгнуть как это все делают, а выползти через грузовой люк. Выпадать быстро и аккуратно, чтобы не попасть под раскаленный поток из турбин. Но обошлось.

Перед заходом в летающую лабораторию сдавали все, что могло отделиться, выпасть из карманов, потому что летающие по салону вещи опасны. Инструменты закрывали в специальных ящиках, и, если забыли что-то положить на место, то раздавался тревожный сигнал.

На каждом стенде работали сотрудники ИЭС. За один вылет 7 – 10 горок. Потом обеденный перерыв, заправка керосином. И опять взлет.

За одну командировку удавалось выполнить сотню режимов микрогравитации, зафиксировать скоростной киносъемкой (до 4 000 кадров в сек.) плавление электрода, сварочной ванны и др. В Киеве проводился научный анализ результатов, давали задание конструкторам.

В целом, были получены уникальные результаты: образцы сварки и резки, кинограммы съемок скоростными и авиационными кинокамерами синхронно с осциллографированием. Отчет и кинофильмы в сентябре 1965 г. были рассмотрены на специальном совещании ОКБ-1, которое провели С.П. Королев и Б.Е. Патон.

Результаты исследований не будут держать в секрете. Доклады ученых ИЭС на международных конференциях вызовут неподдельный интерес коллег со всего мира.

Эти исследования учтены при создании первой автоматической установки для сварки в космосе (шифр А-1092), названной «Вулканом». Удалось выдержать все требования, предъявляемые к бортовой аппаратуре по весовым и температурным характеристикам, и надежности. Вес первого в мире космического сварочного аппарата не превышал 50 кг. Мощность сварочных устройств для различных способов составляла от 0,6 до 1,0 кВт. Продолжительность непрерывной работы ограничивалась емкостью аккумуляторной батареи. «Вулкан» представлял собой автономное устройство, соединенное с системами корабля кабелями телеметрии. Конструктивно он состоял из двух блоков. В рабочем находились все три сварочных устройства и вращающийся стол с образцами. Во втором блоке размещались приборы управления, средства автоматизации и измерений, система энергоснабжения. Установка имела два пульта управления. Один располагался на крышке рабочего блока, второй - дистанционный - был соединен кабелем с «Вулканом». Источ-

ником питания служила аккумуляторная батарея.

Начались комплексные испытания аппаратуры. «Вулкан» в 1967 г. доставили на завод № 918 в с. Томилино (Московская обл., сейчас НПП «Звезда» им. Г.И. Северина). В большой вакуумной камере Ю.Н. Ланкин в скафандре при давлении, равном давлению на высоте более 100 км, испытал контактную сварку ручными клещами и «утюжком».

Доработка и усовершенствования продолжались около двух лет. В конце 1968 г. работа была завершена. Конструкторы сварочных аппаратов решили проблему уменьшения веса и потребления электроэнергии, надежной работы систем автоматического управления. Вклад в создание и испытание космической сварочной аппаратуры и различные технологии внесли специалисты ОКБ-1, завода «Звезда» и Центра подготовки космонавтов им. Ю. А. Гагарина.

В августе 1969 г. бригада ИЭС вылетела на Байконур для монтажа «Вулкана» на космическом корабле «Союз-6».

Патоновцы собираются на работу в Космосе: предполетная подготовка.

И никто не заметил, что наши исследователи выдержали важный тест кандидатов в космонавты. Испытание невесомостью – одно из главных в программе подготовки будущих покорителей космоса.

Вот краткая справка из научных источников: «Люди переносят кратковременную невесомость по-разному. Есть такие, которые не теряют работоспособности и лишь испытывают чувство расслабленности или облегчения вследствие потери тяжести собственного тела.

Другие испытывают иллюзию падения, чувство переворачивания, вращения тела, подвешенности вниз головой, потерей ориентации в пространстве и неправильным восприятием окружающей обстановки и собственного тела. В ряде случаев наблюдается эйфория или чувство психической беспомощности. Но последующие полеты не вызывают столь острых ощущений. Наступает привыкание, адаптация. У некоторых людей, наряду с дезориентацией в пространстве, наблюдается нарушение «схемы тела», чувство, будто голова начинает распухать и увеличиваться в размерах. А у многих пространственная дезориентация и иллюзии иногда сочетаются с быстрым развитием симптомов морской болезни. Бывает, что наблюдается полная дезориентация в пространстве и потеря контакта с окружающими людьми» [8].

Но наши ребята выдержали. Причем режим более суровый и сложный. В соседнем отсеке - «аквариуме» тренировались будущие космонавты - профессионалы. Для них невесомость – это просто полет в безопорном пространстве, иногда с имитацией работы. Стены и потолок отделаны мягким материалом, на полу закреплены спортивные маты. А в отсеке нашей летающей лаборатории – нагро-

мождение железных конструкций и аппаратуры, от которой нельзя оторваться. При невесомости ноги задирались чуть ли не до пояса, и хорошо, что исследователи пристегивались к креслам. А один раз их пустили в «аквариум» полетать, и они убедились, что это приятное занятие.

И еще одно интересное условие полета. ТУ-104А делал горки над Плещеевым озером или над Мещерскими болотами. Почему так далеко от аэродрома? Объяснили, что тут мало обычных авиарейсов, места глухие и народ не будет пугаться, увидев пикирующий самолет. Но причина была несколько иная. Если самолет не удалось бы вывести из пикирующего состояния, то он тихо, без пыли, шума и огня исчез бы в озере или в болоте.

И в качестве лирического отступления – приятные воспоминания: «Патоновцы возвращались из очередной командировки в Киев. Стюардесса только раздала бутерброды, как АН попал в зону турбулентных потоков. Началась болтанка и многим потребовались гигиенические пакеты. А наши ребята спокойно продолжали завтракать. Стюардесса спросила, не летчики ли мы? Кто-то пошутил, что у нас похожая работа, но мы ближе к космонавтам. Через минуту она принесла нам стопки, бутылку коньяка и закуски: «Это от нашего стола вашему. Экипаж просит у вас автографы». И она протянула пачку рекламок Аэрофлота. Так эксперименты в невесомости неожиданно сделали нас знаменитостями».

Одновременно с технологическими исследованиями и конструированием аппаратов для первого космического эксперимента началась подготовка кадров. Б.Е. Патон договорился с С.П. Королевым о том, что в космосе на аппарате ИЭС будет работать сотрудник института. По представлению С.П. Королева Министерством здравоохранения в 1965 г. в Институте медико-биологических проблем для отбора кандидатов в космонавты из гражданских специалистов учреждена медицинская комиссия.

В.Н. Кубасов вспоминал, как он попал в группу космонавтов: «Помню слова Сергея Павловича, сказанные им, когда на трехместном «Восходе» полетел первый космонавт-исследователь, один из создателей гагаринского «Востока» - К.П. Феоктистов: «Отныне после полета Феоктистова дорога в космос открыта ученым. Им теперь доступны не только цифры и записи приборов, фото- и телеметрические пленки, показания датчиков. Нет, сейчас ученому доступно свое, живое восприятие событий, чувство пережитого и виденного, ему отныне представляется великолепная возможность вести исследования, тут же анализировать полученные результаты и продвигаться дальше».

Одновременно из ИЭС также направляли группы по 10 человек инженеров, аспирантов и молодых к.т.н. в клинику лечебно- санитарного управления Совмина УССР и в Центральный военный го-



Рис. 3. А.А. Загребельный обучает В.Н. Кубасова управлению работой аппарата «Вулкан»

спиталь на исследования по программе «летчик реактивной авиации».

Как и в Москве, первым этапом был трехдневный амбулаторный осмотр, на котором сразу отсеивалось много кандидатов. Оставшиеся проходили трехнедельное стационарное обследование. Большинству не удалось преодолеть медицинские или антропометрические ограничения. Из 300 специалистов королевского ОКБ-1 медицинская комиссия отобрала для подготовки к космическим полетам 12 человек. Из ИЭС выдержали испытания (в т. ч. центрифугой) и полностью соответствовали требованиям Ю.Н. Ланкин, В.Д. Табелев, В.Г. Фартушный, В.В. Юматов. Они приступили к полномасштабным тренировкам.

14 января 1966 г. умер Сергей Павлович Королев. 9 апреля 1966 г. В.П. Мишин, исполнявший обязанности Главного конструктора, выпустил приказ № 25 по ЦКБЭМ о формировании в лётно-испытательном отделе № 90 группы подготовки инженеров-испытателей для участия в испытаниях нового корабля «Союз» и кораблей-комплексов Л1 и Л3. Была сформирована и специальная комиссия по отбору, возглавил которую М.К. Тихонравов. В августе 1966 г. после очередного медицинского обследования в военном госпитале лишь четверо кандидатов в космонавты от ОКБ-1 получили «добро» от врачей.

27 марта 1967 г. вышло Постановление ЦК КПСС и Совета Министров № 270-105 «О подготовке космонавтов-испытателей и космонавтов-исследователей...». Была сформирована постоянно действующая медицинская комиссия (ПДМК) для проверки состояния здоровья гражданских космонавтов. 27 мая 1968 г. приказом министра общего машиностроения С.А. Афанасьева № 163 в ЦКБЭМ была создана первая группа космонавтов-испытателей из 10 сотрудников ОКБ-1 и сотрудника ИЭС им. Е.О. Патона к.т.н. В.Г. Фартушного. 3 сентября 1968 г. ученый – сварщик был назначен космонавтом-исследователем. С мая 1969 г. проходил подго-

товку в ЦПК вместе с Валерием Яздовским и Виктором Пацаевым.

Однако первым космическим сварщиком планеты был назначен начальник группы ОКБ-1 В.Н. Кубасов.

Первый в мире эксперимент в космосе.

В.Н. Кубасов прибыл в Киев, получил пропуск в ИЭС им. Е.О. Патона и начал знакомиться с аппаратом «Вулкан». А.А. Загребельный оказался терпеливым учителем. В назначенное время будущий космический сварщик получил необходимые знания.

Вместе с Г.С. Шониным В.М. Кубасов в качестве бортинженера отправился в полет на КК «Союз-6» по программе группового полета трех пилотируемых космических кораблей.

Приведем полностью: *Сообщение ТАСС 16 октября 1969 г.:*

«К 11 часам московского времени 16 октября корабли «Союз 6», «Союз-7» и «Союз-8», продолжающие групповой полет, совершили соответственно 79, 63 и 47 оборотов вокруг Земли. Члены экипажей космических кораблей выполняли запланированные программой полета научно-технические и медико-биологические исследования, а также проводили дальнейшую отработку способов ручного маневрирования на орбите.

Экипаж космического корабля «Союз-6» в составе подполковника Г.С. Шонина и бортинженера В.Н. Кубасова осуществили эксперименты по проведению сварочных работ в космосе. Целью этих экспериментов являлось определение особенностей сварки различных металлов в условиях космического пространства. Корабль «Союз-6» оснащен уникальной технологической аппаратурой, предназначенной для исследования различных способов сварки металлов в условиях глубокого вакуума и невесомости. Сварочная аппаратура размещена в орбитальном отсеке. А пульт управления процессом сварки – в кабине экипажа.

Перед началом сварки командир корабля Шонин закрыл люк-лаз в кабину корабля и на 77-м



Рис. 4. Б.Е. Патон и космонавт А.А. Леонов с образцами космической сварки

витке разгерметизировал отсек. После того, как в отсеке установился глубокий вакуум, бортиженер Кубасов включил сварочную аппаратуру. Поочередно были осуществлены несколько видов автоматической сварки. После этого была проведена герметизация орбитального отсека, и образцы сварки бортиженер перенес в кабину космонавтов.

Проведенный эксперимент является уникальным и имеет большое значение для науки и техники при разработке сварочно-монтажных работ в космосе.

В 12 ч. 52 мин. московского времени после успешного выполнения программы полета космический корабль «Союз-6» приземлился в заданном районе территории СССР в 180 километрах северо-западнее города Караганда.

Самочувствие космонавтов хорошее».

Репортаж из района посадки космического корабля «Союз-6»: «В. Кубасов рассказал о космическом оборудовании и сварке: «Многое из того, что мы сделали, подтвердило предположения, которые высказывались еще на Земле. Невесомость не мешала. Все прошло удачно» [9].

Б.Е. Черток – соратник и заместитель С.П. Королева, написал: «Помню Б.Е. Патона молодым (прошло 30 лет). Впервые услышал о нем, когда разрабатывалась Н1 - сверхтяжелая ракета. Были нужны баки для ракет. С.П. Королев сказал - «Это сделает успешно Б.Е. Патон». Так Б.Е. Патон впервые приобщился к очень тяжелой работе по созданию ракет. На Байконуре его автоматы успешно сваривали невероятно огромные баки для Н1 - ракеты для полета на Луну. Но Б.Е. Патон запомнился мне не этим, а как разработчик миниатюрных систем сварки в космосе (1964 г.), когда только сваривались корабли «Союзы». Тогда возникла идея сварки в невесомости. Был задуман полет трех кораблей сразу. На одном из них космонавты Г.С. Шонин и В.Н. Кубасов должны были провести первый в мире эксперимент по сварке. Сварочную аппаратуру «Вулкан» надо было сопрягать с системой управления, а я отвечал за нее. Дошло дело до полета, настал час эксперимента. Я запомнил Б.Е. Патона в этот час. Он глубоко переживал события, происходящие в космосе. Мы то думали о другом - как пройдет сам полет. Центр управления полетами был в Евпатории, рядом море, цветы... Б.Е. Патон быстро ходил по дорожке, поглощенный мыслями о первом в мире эксперименте по сварке в космосе. Мы были поражены тем, что он лучше, чем мы понимал, где его аппарат может случайно прожечь конструкцию космического корабля и тогда... - не будем говорить об этом. Встречая его на заседаниях АН СССР, или видя в Президиуме во время заседаний АН СССР (РАН), я всегда вспоминал его шагающим по евпаторийским дорожкам, переживающим за успех нашего общего дела» [10].

А вот что пишет сам В.Н. Кубасов:

«Этот эксперимент прошел очень неожиданно. При одном из видов сварки – сварке электронным лучом – луч разрезал сварочный стол с образцами и добрался до корпуса бытового отсека корабля, оставив на нем глубокий след. Но обо всем по порядку. Эксперимент проводился таким образом. Корабль состоял из спускаемого аппарата и орбитального отсека. Мы находились в спускаемом аппарате, а сварочная установка – в орбитальном отсеке. Отсек нужно было разгерметизировать для создания вакуума. Я включал разные виды сварки с помощью пульта. Когда мы закончили эксперимент и вернулись в орбитальный отсек, то я почувствовал странный запах и увидел оплавленный след на корпусе корабля длиной 20-25 см. Естественно, мы испугались, так как были без скафандров, а корпус мог лопнуть. Пришлось снизить давление, чтобы вернуться за образцами. Я открыл люк, быстро вышел туда один и забрал образцы. Когда мы долетели к зоне связи с Землей, я доложил о случившемся. Пришел приказ закрыть люк между отсеками и больше туда не ходить, что мы и сделали.

А потом за этот эксперимент меня поместили в Зал международной космической славы – за начало проведения технологических процессов в космосе» [11]. Впрочем, если бы Кубасов был сварщиком по образованию, или хотя бы запомнил принцип работы «Вулкана»; он бы не испугался и успокоил бы Шонина. Столик с образцами с целью экономии веса были толщиной по 3 мм. Когда столик остановился, луч прожег его и совсем тонкий корпус аппарата. Но когда он удлинился и начал подплавлять внутреннюю обшивку, источник электричества выключился. Образцы сварки, осциллограммы и пленки были доставлены в ИЭС и изучены. Вскоре первая в мире публикация вышла за подписью не только Б.Е. Патона, а и В.Н. Кубасова.

Анализ уникального космического эксперимента дал много интересного материала для совершенствования конструкции сварочной аппаратуры и уточнения технологии процесса сварки. Главным итогом исследований стало уверенный выбор в пользу электронно-лучевого нагрева как наиболее перспективного в космических условиях. Кроме того, подтвердилось, что большинство систем и механизмов установки «Вулкан» работали безотказно, т.е. при их проектировании были приняты правильные решения. Эксперимент показал, что сварка и резка металлов в условиях невесомости и космического вакуума возможна, и значит можно проводить в космосе ремонтные и монтажные работы.

А в целом этот уникальный эксперимент положил начало эры космических технологий [12-14].

Так как было изготовлено три установки «Вулкан», то после полета КК «Союз-6» планировался еще один полет. Руководство отрасли было «за», но по каким-то причинам для новой установки и для Ю.Н. Ланкина,



Рис. 5. А.Н. Корниенко передает дубли космических аппаратов «Вулкан» и «Испаритель» в музей Н.Н. Бенардоса в пгт. Лух Ивановской области РФ, 1983 г.

В.Г. Фартушного и В.В. Юматова, места в другом космическом корабле не нашлось. Правда, фамилия В.Г. Фартушного занесена в «Энциклопедию космонавтики» как космонавта - исследователя СССР. А образцы аппаратов сварки и родственных технологий в космосе были переданы в музей.

Мировое сообщество сразу же обратило внимание на очередной прорыв в Космосе. Газета «Таймс» (Лондон) писала: «Исходя из имеющихся до сих пор сведений, кажется, что русские готовятся выплывать в космическом пространстве большую работу, чтобы превратить секции ракет в мастерскую или лабораторию. Американцы собираются выполнять большую часть работ на Земле» [9].

Интенсивные исследования особенностей сварки и родственных технологий в условиях, имитирующих космические, и непосредственно на космических станциях, развернулись в конце 1970-х гг. и в США по программе Texas [15].

А первый космический сварщик еще дважды побывал в космосе. Поработать в космосе попросились и американские астронавты. Корабли «Союз-19» и



Рис. 6. Визит в ИЭС им. Е.О. Патона после экспериментов по программе «Союз» - «Аполлон». Слева направо: космонавт А.А. Леонов, сотрудница С.А. Фомина, астронавты Дональд К. Слейтон, Томас П. Стаффорд, Б.Е. Патон, астронавт Венс Д. Бранд, космонавт В.Н. Кубасов, 1975 г.

«Аполлон» состыковались 17 июля 1975 г. в 19 ч. 12 мин. В ходе совместного полета кроме основной программы А.А. Леонов и В.Н. Кубасов познакомили астронавтов Т. Стаффорда, В. Бранда и Д. Слейтона с технологическими экспериментами. За 46 ч. 36 мин. при полете в состыкованном состоянии было проведено несколько научных и технических экспериментов. В их числе - изучение влияния невесомости на некоторые кристаллохимические и металлургические процессы. О результатах экспериментов астронавты приехали доложить Б.Е. Патону.

Но это уже другая история.

Литература

1. Тема «Звезда»: <http://www.astronaut.ru/asia/veld/start.htm>, <http://svarak.ru/svarka-v-kosmose/nachalo-issledovaniy-svarke-kosmose/>
2. Борис Евгенович Патон. Библиография. - Київ: Вид-во «Наукова думка», 2008. – 623 с.
3. Патон Б.Е. Сварка в космосе. // Наука и жизнь. – 1964. - № 11. – С. 13-16
4. Губарев В.С. Академик Борис Патон: «Эверест» в науке. Ч.1. - 15.11.2018: <https://www.pravda.ru/science/academy/15-11-2018/1399928-paton-0/>
5. Архив ИЭС им. Е.О. Патона. Фонд 1. Протоколы совещаний.
6. Малиновский Б.Н. Академик Борис Патон – Труд на всю жизнь. - М.: Изд-во «ПЕР СЭ», 2002. – 271 с.
7. Патон Б.Е., Патон В.Е., Дудко Д.А. и др. Стенд для исследования технологических процессов в условиях, имитирующих космос. / В кн.: Космические исследования на Украине. - Киев: Наук. думка, 1973. - вып. 1. – С. 5-9.
8. Китаев-Смык Л.А. Некоторые сенсорные нарушения в невесомости // Авиационная и космическая медицина. - М.: Медицина, 1963. - С. 246-247.
9. Каманин Н.П., Ребров М.Ф. Семеро на орбите. – М.: Молодая гвардия, 1969. – 96 с.
10. Черток Б.Е. Ракеты и люди. Кн. 4. Лунная гонка. - М.: Машгиз, 1997. – 785 с.
11. Кубасов В.Н. Прикосновение космоса (литерат. зап. И. Андреева). - М.: Политиздат, 1984. – 178 с.
12. Патон Б.Е., Кубасов В.Н. Эксперимент по сварке металлов в космосе // Автомат. сварка. - 1970. - № 5. - С. 7-12.
13. Космос: технологии, материаловедение, конструкции. / Сб. науч. трудов под ред. акад. Б.Е. Патона. – Киев: ИЭС им. Е.О. Патона, 2000. – 320 с.
14. Корниенко А.Н., Макаренко Н.А. К 30-летию первых экспериментов по сварке в космосе. // Сварочное пр-во. – 2000. - № 1. – С. 45-47, 60, 61.
15. Kapteijn J., Luyendijk T. Lassen in de reimte. // Lastechniek. - 1983. – V. 49. – № 10. – С. 173-175.

● # 1889

Наименование	Ед. изм.	Цена, грн.	Телефон	Предприятие
--------------	----------	------------	---------	-------------

I. СВАРОЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

I.0100. Оборудование для дуговой сварки и родственных процессов

I.0110. Генераторы, агрегаты и преобразователи сварочные

Свар.агрег. DENYO DLW-300LS, одноп., диз.дв., вод. охл., 30-280А, 10,4кВА	шт.	договорная	(044) 383 18 12, (095) 899 18 22	Рентстор 000
Свар.агрег. DENYO DLW-400LSW, одноп., диз.дв., вод. охл., 60-380А, 15кВА	шт.	договорная	(044) 383 18 12, (095) 899 18 22	Рентстор 000
Свар.агрег. DENYO DCW-480ESW Evo III Limited Edition CC/CV, двухпост., диз.двиг., вод. охл., на одном посту 60-480А, на двух 30-280А, 15кВА	шт.	договорная	(044) 383 18 12, (095) 899 18 22	Рентстор 000

I.0120. Выпрямители сварочные

ВДМ-630, 1202, 1601, 2001	шт.	договорная	(0512) 581-208, 230-108	Амити НПФ
ВДГ, ВДУ-302, 401, 506, 630, 1202, 1601	шт.	договорная	(0512) 581-208, 230-108	Амити НПФ
Инверторы для MMA/TIG сварки 160, 200, 315, 400 А	шт.	договорная	(0512) 581-208, 230-108	Амити НПФ
Сварочное оборудование «FRONIUS», заряд. уст-ва для любых типов аккумулят.	шт.	от 600	(044) 277-2141, 277-2144	Фрониус-Украина 000
CUPEL-175 G, для MMA/TIG сварки 120, 160, 200, 250, 315 А, SW - 333 («Семонт»)	шт.	договорная	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЭС им. Е.О.Патона
Инверторы ВДИ / 60-250 А (5 лет гарантии)	шт.	договорная	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЭС им. Е.О.Патона

I.0121. Установки аргонодуговой сварки и напыления

Установки для аргонодуговой сварки Kemppi OY	шт.	договорная	(056) 767-1577, (094) 910-8577	Саммит 000
ТТ-1600, МВ-2200 (в т.ч. сварка алюминия) универ. ап-т WIG/TIG	шт.	от 6 500	(044) 277-2141, 277-2144	Фрониус-Украина 000
TIG-200P AC/DC	шт.	21 000	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЭС им. Е.О.Патона

I.0130. Трансформаторы сварочные

Трансформатор для сварки ТДФЖ-2001, ТДМ-250, 305, 403, 503	шт.	договорная	(0512) 581-208, 230-108	Амити НПФ
БСН-04-500Т (питание от источника сварочной дуги)	шт.	договорная	(0512) 581-208, 230-108	Амити НПФ
СТШ-250, СТШ-252, ТДМ-403	шт.	от 4 635	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЭС им. Е.О.Патона

I.0140. Сварочные механизированные аппараты (полуавтоматы для дуговой сварки)

П/м А25-001 с ВДГ или ВДУ, БУ встроен. в ИП, Ø 0,8-3,0 мм, плав. регул.	шт.	договорная	(0512) 581-208, 230-108	Амити НПФ
Проф. инверт. комплекс для MIG/MAG сварки DIGITAL MIG 500	шт.	договорная	(0512) 581-208, 230-108	Амити НПФ
Инверт. свар. комплексы HC 500D, HC350 для MIG/MAG, MMA, TIG сварки	шт.	договорная	(0512) 581-208, 230-108	Амити НПФ
Инвер. п/а MIG 188P, Ø 0,6-1,2 мм	шт.	договорная	(0512) 581-208, 230-108	Амити НПФ
Сварочн. механиз. аппараты (полуавтом. для дуговой сварки) Kemppi OY	шт.	договорная	(056) 767-1577, (094) 910-8577	Саммит 000
ТР-1100, 1500 малагаб. моб. ап-ты двойн. действ., 4,2 кг, 220 В, 10-150 А	шт.	от 2700	(044) 277-2141, 277-2144	Фрониус-Украина 000
П/а промышл. «Варио Стар» (160-400 А) «FRONIUS»	шт.	от 4500	(044) 277-2141, 277-2144	Фрониус-Украина 000
Инверторные п/а, 160-350 А, горелки к п/а и расходные материалы	шт.	договорная	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЭС им. Е.О.Патона
КП 006 с КИГ 401, ПДГ-215, 216	к/шт.	от 10 800	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЭС им. Е.О.Патона
П/автомат FAN MIG 404 GP (Synergy) 400 А, сварка всех сталей и Al	шт.	27 000	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЭС им. Е.О.Патона

I.0150. Автоматы для дуговой сварки

Свар. трактор HS-1000 с инверт. ИП для одно- и двухдуговой сварки	шт.	договорная	(0512) 581-208, 230-108	Амити НПФ
Сварочные трактора ТС-18М, ТС-77А, А-1698, ТС-17	шт.	договорная	(0512) 581-208, 230-108	Амити НПФ
Установка для приварки шипов (шпилек) УПШ-1202-2	шт.	договорная	(0512) 581-208, 230-108	Амити НПФ
Аппараты для дуговой сварки Kemppi OY	шт.	договорная	(056) 767-1577, (094) 910-8577	Саммит 000
Сварочные тракторы А1698, автоматы АД 231, АД 321	шт.	договорная	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЭС им. Е.О.Патона

Наименование	Ед. изм.	Цена, грн.	Телефон	Предприятие
--------------	----------	------------	---------	-------------

PLASMA

Витратні деталі, що є сумісні більш ніж з 100 системами плазмової різки відомих світових виробників таких як HYPER THERM®, ESAB®, KJELLBERG®, CEBORA®, TRAFIMET®, THERMAL DYNAMICS®, SAF®, DAIHEN®, KOMATSU®, MILLER®, AJAN® и т. д.

LASER

Витратні деталі та аксесуари сумісні з TRUMPF®, BYSTRONIC®, PRECITEC®, AMADA®, MAZAK®, PRIMA POWER®, LVD®, MITSUBISHI® и т. д.

ТОВ «Термакат Україна ГмБХ»
вул. Петропавлівська, 24
08130, с. Петропавлівська Борщагівка
тел./факс: (044) 403-16-99
e-mail: info@thermacut.ua



www.thermacut.com

OXY-FUEL

Витратні деталі сумісні з системами газової різки відомих світових виробників MESSER®, HARRIS®, ESAB®, TANAKA®

АПАРАТИ ПЛАЗМОВОГО РІЗАННЯ

- EX-TRAFIRE®30H
- EX-TRAFIRE®40SD
- EX-TRAFIRE®55SD
- EX-TRAFIRE®75SD
- EX-TRAFIRE®100SD.

Плазмотрони FHT-EX розробки THERMACUT.

- м. Київ: (050) 336-33-91
(050) 444-22-45
- м. Миколаїв: (050) 333-81-61
- м. Харків: (050) 417-60-68
- м. Львів (050) 382-46-68

HYPER THERM®, ESAB®, KJELLBERG®, CEBORA®, TRAFIMET®, THERMAL DYNAMICS®, SAF®, DAIHEN®, KOMATSU®, MILLER®, AJAN®, TRUMPF®, BYSTRONIC®, PRECITEC®, AMADA®, MAZAK®, PRIMA POWER®, LVD®, MITSUBISHI®, MESSER®, HARRIS® є зареєстрованими торговими марками. THERMACUT ніяким чином не пов'язані з даними виробниками.

1.0160. Аппараты для воздушно-плазменной резки металлов и сплавов, запасные части

Плазмотроны ВПР-9, ВПР-15, ПВР-402, расход. материалы, комплект. (Binzel) Киев-1 (толщ. реза до 8 мм), Киев-4 (толщ. реза до 80 мм)	шт.	договорная	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЭС им. Е.О.Патона
CUT 70, CUT 100, CUT 120, CUT 160	шт.	договорная	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЭС им. Е.О.Патона

1.0170. Сварочные роботы и системы автоматизации сварки

Сварочные роботы Fanuc	шт.	договорная	(056) 767-1577, (094) 910-8577	Саммит ООО
Системы автоматизации сварки Kemppi OY	шт.	договорная	(056) 767-1577, (094) 910-8577	Саммит ООО

1.0180. Аппаратура управления к сварочному оборудованию

Пневмораспределитель	шт.	58,20	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЭС им. Е.О.Патона
----------------------	-----	-------	--------------------------	------------------------------

1.0200. Машины контактной сварки и комплектующие

Машины стык. и точ. св. МТ 2202, МСО 606, МТ 1928, МТ 4224, МСС 1901, МТМ-289 (сварка сеток), точ. маш. - А1 (до 4 мм) МТВР-4801	шт.	договорная	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЭС им. Е.О.Патона
КРАБ-01 (малогабарит., свар. клещи), маш. подвесная МТП 1110 (сварка сеток), маш. шовной сварки МШ 2201, МШ 3207	шт.	договорная	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЭС им. Е.О.Патона
Ремонт и восстановление машин контактной сварки, купим машины контактные	шт.	договорная	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЭС им. Е.О.Патона

1.0300. Машины, оборудование, комплектующие для газоплазменной сварки, резки и металлизации

1.0310. Машины для термической резки металлов

Машины газорезательные - «Огонек», «Гугарк», «Орбита», «Радуга-М», «Смена-2М», «АСШ-70», «ДОНМЕТ», «ESAB», «MESSER Grissheim»	шт.	договорная	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЭС им. Е.О.Патона
---	-----	------------	--------------------------	------------------------------

1.0320. Комплексы для электродуговой металлизации

1.0330. Горелки и резаки газокислородные

Горелки ацетиленовая Г2А, пропановая ГЗУ, Г2 МАФ (након. №2-4), ЗИПы	шт.	от 126	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЭС им. Е.О.Патона
Комплекты газосварщика, кислор.-флюс. резки, клапана предохран., огнепреград., пост газосварщика (П)	шт.	от 360	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЭС им. Е.О.Патона
Резаки машинные, пропановые, ацетилен. ручн. резки, МАФ-газ (до 100 мм), жидкотопл. (бензин, керосин, ДТ) до 300 мм, ЗИПы	шт.	от 168	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЭС им. Е.О.Патона

1.0340. Генераторы ацетиленовые

Генераторы (Воронеж, Россия) АСП-10, АСП-15, АСП-14, (сухой и водяной затворы), зап. части к АСП	шт.	договорная	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЭС им. Е.О.Патона
--	-----	------------	--------------------------	------------------------------

1.0350. Редукторы, вентили, смесители, затворы, клапаны

Редукторы, регуляторы, балл. в ассорт., вентиль ВК-94 (Россия) кислород., пропановый ВБ-2, ВБ-2-1 (Б) (Беларусь), подогрев. углекислотный	шт.	договорная	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЭС им. Е.О.Патона
---	-----	------------	--------------------------	------------------------------

1.0360. Установки для газотермического напыления

1.0370. Карбид кальция

Карбид кальция (Словакия) по 100 кг, по 3, 5, 10 кг (пластик. ведра)	кг	договорная	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЭС им. Е.О.Патона
--	----	------------	--------------------------	------------------------------

Наименование	Ед. изм.	Цена, грн.	Телефон	Предприятие
<ul style="list-style-type: none"> ➤ iROB – системні рішення для високопродуктивного роботизованого зварювання; ➤ ABI-CAR – зварювальні трактори; ➤ xFUME VAC – технологія відведення зварювального диму для надійного захисту здоров'я; ➤ JÄCKLE ESS – обладнання для зварювання та повітряно плазмової різки; ➤ Блоки примусового охолодження (CR1000, CR 1250); ➤ Зварювальні пальники для напів-автоматичного, автоматичного та роботизованого зварювання ➤ (MIG/MAG - MB EVO Pro, RAB GRIP, ABIMIG® A/AT/WT LW / 80 - 750A, газове та рідинне охолодження); 	<p>ПІІ ТОВ «Бінцель Україна ГмбХ»</p>  <p>центральный офіс: (044) 290 9089, 403 1399, 403 1499, 403 1599 e-mail: info@binzel.kiev.ua</p> <p>регіональні офіси: Миколаїв (050) 333 8161 Харків (050) 417 6068 Львів (050) 382 4668</p> <p>ABICOR BINZEL</p> <p>www.binzel-abicor.com</p>		<ul style="list-style-type: none"> ➤ Зварювальні пальники для аргонно-дугового зварювання (WIG/TIG - ABITIG®, ABITIG® Grip_Grip Little / 110 - 500A, газове та рідинне охолодження); ➤ Електродотримачі для зварювання штучним електродом (MMA - DE 2200-2500 / 200-500A); ➤ Плазмотрони (ABIPLAS® CUT, ABICUT / 30 - 200A, повітряне та рідинне охолодження); ➤ Строгачі для строжки графітовим електродом (K10, K12, K16, K20 / 500 - 1500A); ➤ Весь спектр витратного матеріалу та інше приладдя зварювального посту 	

I.0380. Рукава и шланги

Рукав кислородный (Беларусь), ацетиленовый и кислород. цветной	м	от 6,30	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЭС им. Е.О.Патона
--	---	---------	--------------------------	------------------------------

I.0390. Баллоны газовые

Баллоны: кислород, аргон, ацетилен, азот, углекислота и др. (40 л, 10л, 2 л), новые (пропан, кислород, аргон, сж. воздух, CO₂) 50, 27, 12, 5 л

	шт.	от 144	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЭС им. Е.О.Патона
--	-----	--------	--------------------------	------------------------------

I.0400. Оборудование сварочное механическое и приспособления

I.0500. Комплектующие изделия к сварочному оборудованию

I.0510. Электрододержатели для ручной дуговой сварки

Электрододержатели, клеммы массы (Германия, Польша, Китай)	шт.	от 19,8	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЭС им. Е.О.Патона
--	-----	---------	--------------------------	------------------------------

I.0520. Горелки сварочные для ручной, механизированной и автоматической сварки и комплектующие к ним

Горелки для MIG/MAG, WIG/TIG «FRONIUS»	шт.	от 400	(044) 277-2141, 277-2144	Фрониус-Украина 000
Горелки для аргонодуговой, MIG/MAG, TIG сварки и комплект. к ним	шт.	от 870	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЭС им. Е.О.Патона

I.0530. Реостаты балластные

Реостаты балластные	шт.	договорная	(056) 767-1577, (094) 910-8577	Саммит 000
---------------------	-----	------------	--------------------------------	------------

I.0540. Инструменты

Маркеры «MARKAL B», «MARKAL M-10», «MARKAL M», «MARKAL K», «MARKAL H, HT», BALL PAINT, DURA BALL, Red Ritter / Silver Streak	шт.	договорная	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЭС им. Е.О.Патона
Комплект сменных стержней для SILVER STREAK, RED RITTER, маркировка и разметка LUMBER CRAYON и TYRE MARQUE	шт.	договорная	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЭС им. Е.О.Патона

I.0550. Электроинструменты

I.0560. Кабельно-проводниковая продукция

Кабель сварочный, силовой КГ, КОГ, наконечники каб. луженые 16, 25, 35, 50 мм ²	м/шт.	договорная	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЭС им. Е.О.Патона
--	-------	------------	--------------------------	------------------------------

I.0570 Прочие комплектующие

Контакты КМ-600ДВ, КМ-400ДВ, клеммы массы	шт	от 840	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЭС им. Е.О.Патона
---	----	--------	--------------------------	------------------------------

I.0600. Оборудование для термической обработки

I.0700. Средства для защиты металла и оборудования

Спрей «Binzel», 400 мл, паста «Дюзофикс», 300 г, для травл. нерж. стали.				
TSK-2000, 2 кг	емк./балл.	от 30,18	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЭС им. Е.О.Патона
Защита: от налип. брызг, антикорр. «АРК/МРС», 10 л, «Black Jack», 500 мл, «Autravil®VA» обезжир. нерж. стали, 400 мл,	емк./балл.	от 27	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЭС им. Е.О.Патона
«Antiperl EMU #1», «Antiperr 2000», 400 мл, канистра, 10 л, «Cromalux®VA», 400 мл	балл.	от 18	(044) 287-2716, 200-8042	Технопарк ИЭС им. Е.О.Патона

Наименование	Ед. изм.	Цена, грн.	Телефон	Предприятие
--------------	----------	------------	---------	-------------

II. СВАРОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

II.0100. Электроды покрытые металлические

II.0110. Для сварки углеродистых и легированных сталей

Сварочные электроды Buehler, HYUNDAI WELDING	кг	договорная	(056) 767-1577, (094) 910-8577	Саммит ООО
АНО-4 (З46), МР-3 (З46), АНО-21 (З46), УОНИ-13/55 (З50А), УОНИ 13/45 (З42А), повыш. кач.	кг	договорная	(044) 200-8056, 248-7336	Экотехнология ДП ООО
ЦЛ-39 (Э-09Х1МФ), ЦУ-5 (Э-50А), ТМЛ-3У (Э-09Х1МФ), ТМЛ-1У (Э-09Х1М), ТМУ-21У (З50А)	кг	договорная	(044) 200-8056, 248-7336	Экотехнология ДП ООО

II.0120. Для сварки нержавеющей сталей

Сварочные электроды Buehler, HYUNDAI WELDING	кг	договорная	(056) 767-1577, (094) 910-8577	Саммит ООО
ОЗЛ-6, ЦЛ-11, ОЗЛ-8, ОЗЛ-17У, ЗИО-8, НИИ-48Г, НЖ-13	кг	договорная	(044) 200-8056, 248-7336	Экотехнология ДП ООО
ЗА-395/9 (Э-11Х15Н25М6АГ2), ЗА-400/10У (Э-07Х19Н11М3Г2Ф)	кг	договорная	(044) 200-8056, 248-7336	Экотехнология ДП ООО

II.0130. Для сварки цветных металлов и сплавов

II.0140. Для сварки чугуна

МНЧ-2, ЦЧ-4	кг	от 102	(044) 200-8056, 248-7336	Экотехнология ДП ООО
-------------	----	--------	--------------------------	----------------------

II.0150. Для наплавки

Т-590, Т-620, ЭН-60М; ОЗН-6, ОЗН-300, ОЗН-400, НР-70, ЦН-6Л, ЦН-12М	кг	договорная	(044) 200-8056, 248-7336	Экотехнология ДП ООО
---	----	------------	--------------------------	----------------------

II.0160. Для резки

АНР-2М, АНР-3 Ø 4; 5 мм	кг	договорная	(044) 200-8056, 248-7336	Экотехнология ДП ООО
-------------------------	----	------------	--------------------------	----------------------

II.0200. Электроды неплавящиеся

Электроды вольфрамовые (Германия, Китай)	шт.	от 10,0	(044) 200-8056, 248-7336	Экотехнология ДП ООО
--	-----	---------	--------------------------	----------------------

II.0300. Проволока сварочная сплошная и прутки

II.0310. Для сварки углеродистых и легированных сталей

Сварочная проволока Buehler, HYUNDAI WELDING	кг	договорная	(056) 767-1577, (094) 910-8577	Саммит ООО
Проволока Св-08Г2С омед., в бухтах, на касс. 5,15 кг, Китай	кг	от 15,0	(044) 200-8056, 248-7336	Экотехнология ДП ООО
Проволока Св-08А	кг	9,30	(044) 200-8056, 200-8049	Экотехнология ДП ООО

II.0320. Для сварки нержавеющей сталей

Сварочная проволока Buehler, HYUNDAI WELDING	кг	договорная	(056) 767-1577, (094) 910-8577	Саммит ООО
Св-07Х25Н13 Ø 1,2, 1,6, 3,0 мм, Св-08Х14Н8С3Б (ЭП-305) Ø 2,0 мм, Св-08Х20Н9Г7Т Ø 1,6, 3,0, 4,0 мм	кг	69-75	(044) 200-8056, 248-7336	Экотехнология ДП ООО

II.0330. Для сварки цветных металлов и сплавов

Проволоки д/сварки алюминия на кат., в бухтах, прутках, Ø 0,8-4,0 мм	кг	от 87	(044) 200-8056, 248-7336	Экотехнология ДП ООО
--	----	-------	--------------------------	----------------------

II.0340. Для сварки чугуна

ПАНЧ-11, МНЖКТ Ø 1,2-3,0 мм	кг	договорная	(044) 200-8056, 248-7336	Экотехнология ДП ООО
-----------------------------	----	------------	--------------------------	----------------------



Сварочные электроды ET-02 с рутил-целлюлозным покрытием

Тел.: (044) 200 80 56, м. (050) 352 58 67, (050) 310 58 63
e-mail: sales@et.ua , www.welderbest.com.ua

- ✓ легкий поджиг
- ✓ устойчивое горение дуги
- ✓ легкий повторный поджиг
- ✓ сварка во всех пространственных положениях!!!
- ✓ идеальный шов
- ✓ легкое отделение шлака
- ✓ высокий коэффициент наплавки
- ✓ надежное сварное соединение!!!

ВАШ ЛУЧШИЙ ВЫБОР!

Наименование	Ед. изм.	Цена, грн.	Телефон	Предприятие
--------------	----------	------------	---------	-------------

ФЛЮС СВАРОЧНЫЙ АН-348А

Оптом и в розницу
всегда на складе в Киеве –
от дистрибьютора (доставка заказчику),
фасовка мешок 50 кг, полипропилен.



ДП «Экотехнология»

тел. (044) 200-80-42
м. (050) 311-34-41

II.0400. Проволока порошковая

II.0410. Для сварки углеродистых и легированных сталей

Сварочная проволока Boehler, HYUNDAI WELDING	кг	договорная	(056) 767-1577, (094) 910-8577	Саммит ООО
ПП-АН1 Ø 2,8 мм, ППР - ЭК1 (для подводной сварки)	кг	договорная	(044) 200-8088, 200-8056	Экотехнология ДП ООО

II.0420. Для наплавки

ПП-Нп-30ХГСА	кг	договорная	(044) 200-8056, 248-7336	Экотехнология ДП ООО
--------------	----	------------	--------------------------	----------------------

II.0430. Для резки

ППР - ЭК4	кг	договорная	(044) 200-8056, 248-7336	Экотехнология ДП ООО
-----------	----	------------	--------------------------	----------------------

II.0500. Флюсы плавные и керамические

II.0510. Для сварки углеродистых и легированных сталей

АН-47, АН-348А, АН-26	кг	договорная	(044) 200-8056, 248-7336	Экотехнология ДП ООО
-----------------------	----	------------	--------------------------	----------------------

III. ПРОМЫШЛЕННЫЕ ГАЗЫ

III.0100. Инертные газы (аргон, гелий)

III.0200. Активные газы (кислород, углекислый газ, водород, азот)

Кислород, углекислота, азот	балл.	договорная	(044) 200-8056	Экотехнология ДП ООО
-----------------------------	-------	------------	----------------	----------------------

III.0300. Газовые смеси

Аргон, азот, ацетилен, спец.свар. смеси	балл.	договорная	(044) 200-8056, 200-8051	Экотехнология ДП ООО
---	-------	------------	--------------------------	----------------------

IV. СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ СВАРЩИКОВ

IV.0100. Щитки маски и очки защитные, комплектующие

Маски сварщика в ассорт., АСФ маска («Speedglass»), щитки свар. и очки защитные в ассорт., шлем пескоструйщика «Кивер», дробеструйщика	шт.	от 18	(044) 200-8056, 200-8051	Экотехнология ДП ООО
--	-----	-------	--------------------------	----------------------

IV.0200. Специальная одежда и обувь

Щитки защитные НБТ, костюм, перчатки, краги и рукавицы сварщика, обувь раб. в ассорт.	шт.	от 18	(044) 200-8056, 200-8051	Экотехнология ДП ООО
---	-----	-------	--------------------------	----------------------

IV.0300. Средства индивидуальной защиты

Фильтры сменные, респираторные маски (с клапаном, без клапана) и полумаски	шт.	договорная	(044) 200-8056, 200-8051	Экотехнология ДП ООО
--	-----	------------	--------------------------	----------------------

V. ОБОРУДОВАНИЕ, ПРИБОРЫ, МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ

V.0100. Приборы и материалы неразрушающего контроля

Термоиндикаторные карандаши на 50-1200 °С «LA-CO» (США)	шт.	договорная	(044) 200-8056	Экотехнология ДП ООО
Любые приборы контроля и диагностики под заказ	шт.	договорная	(044) 248-7336, 200-8056	Экотехнология ДП ООО

VI. УСЛУГИ

VI.0100. Услуги

Разработка и внедрение технологии ремонта сваркой и наплавкой деталей, узлов и металлоконструкций из стали и чугуна	шт.	договорная	(044) 287-2716, 200-8056	Экотехнология ДП ООО
---	-----	------------	--------------------------	----------------------

**Алфавитный указатель
компаний-участников журнала «Сварщик»**

А мити ООО.....	т. (0 512) 23 01 08, ф. 58 12 08
Б елгазпромдиагностика УП.....	т./ф. +375 (17) 205 08 68, 316 02 00, info@diag.by
Б инцель Украина ГмбХ ПИИ ООО.....	т./ф. (0 44) 290 90 89, 403 13 99, 403 14 99, 403 15 99
В елдотерм-Украина ООО.....	т./ф. (0 3472) 60 330, weldotherm@ukr.net
В елтек ТМ ООО.....	т./ф. (0 44) 200 86 97, 200 84 85, 200 82 09, 200 87 27
Д жейсик Украина ООО.....	т. (0 44) 200 16 55, м. (067) 486 96 37
З апорожстеклофлюс ЧАО.....	т./ф. (0 61) 239 70 61, 239 70 70, 239 70 77
И нтерхим-БТВ ООО.....	т. (0 44) 527 98 52, 527 98 53, ф. 527 98 62
Л инде Газ Украина ЧАО.....	т./ф. (0 562) 35 12 25, 35 12 28, (056) 790 03 33, (0 800) 30 51 51
М ВЦ ООО.....	т. (0 44) 201 11 65, 201 11 56, 201 11 58
М игатехиндустрия ООО.....	т. (0 44) 360 25 21, 500 58 59
НАВКО-ТЕХ НПФ ООО.....	т. (0 44) 456 40 20, ф. 456 83 53
Промавтосварка НТЦ ЧП.....	т./ф. (0 629) 37 97 31, (0 44) 222 90 26, м. (067) 627 41 51
Р ентстор ООО.....	т. (0 44) 383 18 12, м. (095) 899 18 22
С евид ЧП КП.....	т. (0552) 32 84 31, 32 84 35, м. (067) 550 11 87
С умы-Электрод ООО.....	т. (0 542) 22 54 37, ф. 22 54 38, 22 13 42
Т ермакат Украина Гмбх ООО.....	т./ф. (0 44) 403 16 99, м. (050) 336 33 91
Т ехнолазер-Сварка ООО.....	т. (0 512) 50 10 01, 57 21 27, т. 36 91 20
Т ехнопарк ИЗС им. Е.О. Патона ООО.....	т. (0 44) 287 27 16, 200 80 42
Ф рониус Украина ООО.....	т. (0 44) 277 21 41, 277 21 40, ф. 277 21 44
Э котехнология ДП ООО.....	т./ф. (0 44) 200 80 56 (многокан.), 287 26 17, 287 27 16, 200 80 42, 248 73 36

Подписка-2020 на журнал «Сварщик»
подписной индекс 22405. Подписку на журнал
можно оформить у региональных представителей:

Город	Название подписного агентства	Телефон
Днепр	ООО «Меркурий»	(056) 778-52-86
Киев	ООО «Бизнес Пресса»	(044) 248-74-60
	ООО «Периодика»	(044) 449-05-50
Львов	ООО «Пресс-Центр»	(044) 252-94-77
	«Фактор»	(0322) 41-83-91
Николаев	ООО «Ной Хау»	(0512) 47-20-03
Харьков	ДП «Фактор-Пресса»	(0572) 26-43-33
	«Форт» Издательство	(0572) 14-09-08



ТЕХНИЧЕСКАЯ ЛИТЕРАТУРА

Название книги Цена (грн.)*

В. М. Литвинов, Ю. Н. Лысенко: Кислородная резка и внепечной нагрев в тяжелом машиностроении. 2017. - 368 с.	120
В. И. Лакомский, М. А. Фридман: Плазменно-дуговая сварка Углеродных материалов с металлами. 2004. - 196 с.	70
А. А. Кайдалов: Электронно-лучевая сварка и смежные технологии. Издание 2-е, перераб. и дополн. 2004. - 260 с.	90
О. С. Осика та ін.: Англо-український та українсько-англійський словник зварювальної термінології. 2005. - 256 с.	90
В. М. Корж: Газотермічна обробка матеріалів: Навчальний посібник. 2005. - 196 с.	90
В. Я. Кононенко: Газовая сварка и резка. 2005. - 208 с.	90
С. Н. Жизняков, З. А. Сидлин: Ручная дуговая сварка. Материалы. Оборудование. Технология. 2006. - 368 с.	120
А. Я. Ищенко и др.: Алюминий и его сплавы в современных сварных конструкциях. 2006. - 112 с.	90
П. М. Корольков: Термическая обработка сварных соединений. 3-е изд., перераб. и доп. 2006. - 176 с.	90
А. Е. Анохов, П. М. Корольков: Сварка и термическая обработка в энергетике. 2006. - 320 с.	100
Г. И. Лащенко: Способы дуговой сварки стали плавящимся электродом. 2006. - 384 с.	100
А. А. Кайдалов: Современные технологии термической и дистанционной резки конструкционных материалов. 2007. - 456 с.	100
П. В. Гладкий, Е. Ф. Переплетчиков, И. А. Рябцев: Плазменная наплавка. 2007. - 292 с.	100
А. Г. Потапьевский **: Сварка в защитных газах плавящимся электродом. Часть 1. Сварка в активных газах. 2007. - 192 с.	70
Г. И. Лащенко, Ю. В. Демченко: Энергосберегающие технологии послесварочной обработки металлоконструкций. 2008. - 168 с.	90
Б. Е. Патон, И. И. Заруба и др.: Сварочные источники питания импульсной стабилизацией горения дуги. 2008. - 248 с.	90
З. А. Сидлин: Производство электродов для ручной угловой сварки. 2009. - 464 с.	120
В. Н. Радзиевский, Г. Г. Ткаченко: Высокотемпературная вакуумная пайка в компрессоростроении. 2009. - 400 с.	100
В. Н. Корж, Ю. С. Попиль: Обработка металлов водородно-кислородным пламенем. 2010 - 194 с.	90
Г. И. Лащенко **: Современные технологии сварочного производства. 2012. - 720 с.	80

* Цены на книги указаны без учета стоимости доставки

** Продается только в электронной версии.

Электронные версии книг стоят в доллере.

**Подписка-2020
на журнал «Сварщик»
в каталоге «Укрпочта»
Подписной индекс
22405**

Сервисная карточка читателя

Без заполненного
формуляра
недействительна

Для получения дополнительной информации о продукции/услугах, упомянутых в этом номере журнала:

- обведите в Сервисной карточке индекс, соответствующий интересующей Вас продукции/услуге (отмечен на страницах журнала после символа «#»);
- заполните Формуляр читателя;
- укажите свой почтовый адрес;
- отправьте Сервисную карточку с Формуляром по адресу: **03150, Киев-150, а/я 337, «Сварщик».**

1877	1878	1879	1880	1881	1882	1883
1884	1885	1886	1887	1888	1889	1890
1891	1892	1893	1894	1895	1896	1897
1898	1899	1900	1901	1902	1903	1904
1905	1906	1907	1908	1909	1910	1911
1912	1913	1914	1915	1916	1917	1918
1919	1920	1921	1922	1923	1924	1925

Заполняется печатными буквами

Ф. И. О. _____

Должность _____

Тел. (_____) _____

Предприятие _____

Подробный почтовый адрес: _____

« _____ » _____ 2020 г.

_____ *подпись*

Формуляр читателя

Ф. И. О. _____

Должность _____

Тел. (_____) _____

Предприятие _____

Виды деятельности предприятия _____

Выпускаемая продукция / оказываемые услуги _____

Руководитель предприятия (Ф. И. О.) _____

Тел. _____ Факс _____

Отдел маркетинга / рекламы (Ф. И. О.) _____

Тел. _____ Факс _____

Отдел сбыта / снабжения (Ф. И. О.) _____

Тел. _____ Факс _____

Тарифы на рекламу в 2020 г.

На внутренних страницах		
Площадь	Размер, мм	Грн.*
1 полоса	210×295	5500
1/2 полосы	180×125	3000
1/4 полосы	88×125	1500
На страницах основной обложки		
Страница	Размер, мм	Грн.*
1 (первая)	215×175	15000
8 (последняя)	210×295 (после обрезки 205×285)	10000
2		8000
7		7000
На страницах внутренней обложки		
Стр. (площадь)	Размер, мм	Грн.*
3	210×295	7000
4		6500
6 (1 полоса)	210×295	6000
5 (1 полоса)		5500
6 (1/2 полосы)	180×125	3000
5 (1/2 полосы)		2800
Визитка или микромодульная реклама		
Площадь	Размер, мм	Грн.*
1/16	90×26	600

* (все цены в грн. с НДС):

Рекламно-техническая статья: 1 полоса (стр.) — 2600 грн.

Блочная ч-б реклама и строчные позиции на страницах рекламного приложения «Все для сварки. Торговый ряд»

Часть площади стр.	Размер, мм (гор. или верт.)	Цена, грн. с НДС
1/2	180×125	1000
1/3	180×80 или 88×160	900
1/4	180×60 или 88×120	700
1/6	180×40 или 88×80	600
1/8	180×30 или 88×60	500
1/16	180×15 или 88×30	300

Строчные ч-б позиции

Кол-во позиций	Обычные позиции, грн.	Выделенные позиции, грн.
10	500	1000
15	750	1500
20	1000	2000

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 изображений – 15 мм.

Файлы принимаются в форматах: PDF, AI, INDD, TIF, JPG, PNG, WMF, PSD, EPS, CDR с прилинкованными изображениями и шрифтами. Изображения должны быть качественными, не менее 300 dpi, цветовая модель CMYK, текст в кривых, если нет шрифтов.

Подача материалов в очередной номер — до 15-го числа нечетного месяца (например, в № 1 — до 15.01)

Зам. гл. ред., рук. ред., **В. Г. Абрамишвили**, к. ф.-м. н.:
тел./ф.: (044) **200-80-14**, м. (050) **413-98-86**, (095) **146-06-91**
e-mail: welder.kiev@gmail.com

www.welder.stc-paton.com