

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор
Б.Е. Патон

Ученые ИЭС им. Е.О. Патона
д.т.н. С.И. Кучук-Яценко (зам. гл. ред.),
д.т.н. В.Н. Липодаев (зам. гл. ред.),
д.т.н. Ю.С. Борисов,
к.ф.-м.н. А.Т. Зельниченко,
д.т.н. В.В. Кныш,
д.т.н. И.В. Кривцун, д.т.н. Ю.Н. Ланкин,
д.т.н. Л.М. Лобанов,
д.т.н. В.Д. Позняков,
д.т.н. И.А. Рябцев, д.т.н. К.А. Ющенко
Т.В. Юштина (отв. секр.)

Ученые университетов Украины
д.т.н. В.В. Дмитрик, НТУ «ХПИ», Харьков,
д.т.н. В.В. Квасницкий,
НТУУ «КПИ им. Игоря Сикорского», Киев,
к.т.н. Е.П. Чвертко,
НТУУ «КПИ им. Игоря Сикорского», Киев,
д.т.н. М.М. Студент, Физ.-механ. ин-т
им. Г.В. Карпенко НАНУ, Львов

Зарубежные ученые
д.т.н. Гуань Цяо
Ин-т авиационных технологий, Пекин, Китай
д.х.н. М. Зиниград
Ун-т Ариэля, Израиль
д-р инж. У. Райсген
Ин-т сварки и соединений, Аахен, Германия
д.т.н. Я. Пилярчик
Ин-т сварки, Гливице, Польша

Адрес редакции
ИЭС им. Е.О. Патона НАНУ
03150, Украина, Киев-150,
ул. Казимира Малевича, 11
Тел.: (38044) 200 6302, 200 8277
Факс: (38044) 200 8277
E-mail: journal@paton.kiev.ua
www.patonpublishinghouse.com

Учредители
Национальная академия наук Украины,
ИЭС им. Е.О. Патона НАНУ,
МА «Сварка» (издатель)

Свидетельство о государственной
регистрации КВ 4788 от 09.01.2001
ISSN 0005-111X
DOI: <http://dx.doi.org/10.15407/as>

Рекомендовано к печати
редакционной коллегией журнала

Журнал входит в перечень утвержденных
Министерством образования и науки
Украины изданий для публикации трудов
соискателей ученых степеней

За содержание рекламных материалов
редакция журнала ответственности не несет

Цена договорная
Подписной индекс 70031

Издается ежемесячно

СОДЕРЖАНИЕ

Патон Б.Е. Начало эры космических технологий 9

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Кривцун І.В., Хаскін В.Ю., Коржик В.М., Клочков І.М.,
Квасницький В.В., Бабич О.А., Cai Detao, Luo Ziyi,
Han Shanguo. Гібридне лазерно-мікроплазмове зварюван-
ня тонколистового титанового сплаву Ti–Al–V 13
Haiyan Wanga, Ma Yanyib, Zhang Yupenga, Dong Chunlina,
Yi Yaoyonga, Xi Huaia. Influence of laser power and welding
velocity on the microstructure of Zr-based bulk metallic
glass welded joints 18
Пулька Ч.В., Підгурський М.І., Сенчишин В.С., Шарик М.В.,
Гаврилюк В.Я. Вплив горизонтальної механічної вібрації
на експлуатаційні властивості наплавленого металу 22
Борисова А.Л., Капорик Н.И., Цымбалистая Т.В., Василь-
ковская М.А. Диффузионные жаростойкие покрытия
для нержавеющей и углеродистой сталей 28

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ РАЗДЕЛ

Патон Б.Е., Ющенко К.А., Козулин С.М., Лычко И.И.
Электрошлаковый сварочный процесс. Анализ состоя-
ния и тенденции развития (Обзор) 36
Турык Э., Банасик М., Стано С., Урбаньчик М. Особен-
ности гибридной лазерно-дуговой сварки нержавеющей
стали 47
Фальченко Ю.В., Петрушинец Л.В., Мельниченко Т.В.,
Устинов А.И., Федорчук В.Е. Диффузионная сварка в
вакууме интерметаллида γ -TiAl с жаропрочным нике-
левым сплавом с применением нанопрослоек Al/Ni 54

ХРОНИКА

72-а щорічна асамблея Міжнародного інституту зва-
рювання 62
Международная конференция «Ti-2019» 64
Пам'яті Г.М. Григоренка 66

Информация

Инжиниринг, роботы, аддитивные технологии компа-
нии Triada Welding 3
ОЗСО ИЭС им. Е.О. Патона расширяет номенклатуру
своей продукции 5
Линейка новых установок для наплавки прокатных валков 7
Американскому сварочному обществу — 100 67
Стратегия ООО «ТМ.ВЕЛТЕК» на современном этапе 69
Рождение и становление электрошлаковой сварки 70

Автоматичне Зварювання

Видається 12 разів на рік з 1948 р.

Головний редактор **Б.Є. Патон**

ЗМІСТ

Патон Б.Є. Початок ери космічних технологій 9

НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

Кривцун І.В., Хаскін В.Ю., Коржик В.М., Ключков І.М., Квасницький В.В., Бабич О.А., Cai Detao, Luo Ziyi, Han Shanguo. Гібридне лазерно-мікроплазмове зварювання тонколистового титанового сплаву Ti-Al-V 13

Haiyan Wang, Ma Yanyib, Zhang Yupenga, Dong Chunlina, Yi Yaoyonga, Xi Huaia. Вплив потужності лазера та швидкості зварювання на мікроструктуру насипної маси на основі цирконію зварних з'єднань з металевим склом 18

Пулька Ч.В., Підгурський М.І., Сенчишин В.С., Шарик М.В., Гаєрилюк В.Я. Вплив горизонтальної механічної вібрації на експлуатаційні властивості наплавленого металу 22

Борисова А.Л., Капорік Н.І., Цимбаліста Т.В., Васильківська М.А. Дифузійні жаростійкі покриття для нержавіючої та вуглецевої сталей 28

ВИРОБНИЧИЙ РОЗДІЛ

Патон Б.Є., Ющенко К.А., Козулін С.М., Личко І.І. Електрошлаковий зварювальний процес. Аналіз стану та тенденції розвитку (Огляд) 36

Турик Е., Банасік М., Стано С., Урбанчик М. Особливості гібридного лазерно-дугового зварювання нержавіючої сталі 47

Фальченко Ю.В., Петрушинець Л.В., Мельниченко Т.В., Устинов А.І., Федорчук В.Є. Дифузійне зварювання у вакуумі інтерметаліда γ -TiAl з жароміцним нікелевим сплавом з використанням нанопрошарків Al/Ni 54

ХРОНІКА

72-а щорічна асамблея Міжнародного інституту зварювання 62

Міжнародна конференція «Ti-2019» 64

Пам'яті Г.М. Григоренка 66

Інформація

Інжиніринг, роботи, адитивні технології компанії Triada Welding 3

ДЗЗУ ІЕЗ ім. Є.О. Патона розширює номенклатуру своєї продукції 5

Лінійка нових установок для наплавлення прокатних валків 7

Американському зварювальному товариству — 100 67

Стратегія ТОВ «ТМ.ВЕЛТЕК» на сучасному етапі ... 69

Народження і становлення електрошлакового зварювання..... 70

Журнал «Автоматичне зварювання» видається англійською мовою під назвою «The Paton Welding Journal»

Адреса редакції

03150, Україна, м. Київ-150, вул.Казимира Малевича, 11
ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАН України
Тел./факс: (38044) 200-82-77, 200-63-02
E-mail: journal@paton.kiev.ua
www.patonpublishinghouse.com

Avtomaticheskaya Svarka (Automatic Welding)

Published 12 times per year since 1948

Editor-in-Chief **B.E. Paton**

CONTENTS

Paton B.E. Start of the space technology era 9

SCIENTIFIC AND TECHNICAL

Krivtsun I.V., Haskin V.Yu., Korzhik V.M., Klovchikov I.M., Kvasnytskyi V.V., Babich O.A., Cai Detao, Luo Ziyi, Han Shanguo. Hybrid laser-microplasma welding of Ti-Al-V titanium alloy 13

Haiyan Wang, Ma Yanyib, Zhang Yupenga, Dong Chunlina, Yi Yaoyonga, Xi Huaia. Influence of laser power and welding velocity on the microstructure of Zr-based bulk metallic glass welded joints 18

Pulka Ch.V., Pidgurskiy M.I., Senchishin V.S., Sharik M.V., Gavriluk V.Ya. Effect of horizontal mechanical vibration on deposited metal service properties 22

Borisova A.L., Kaporic N.I., Tsybmalista T.V., Vasilkovskaya M.A. Diffusion heat-resistant coatings for stainless and carbon steels 28

INDUSTRIAL

Paton B.E., Yushchenko K.A., Kozulin S.M., Lychko I.I. Electroslag welding process. Analysis of state and tendencies of development (Review) 36

Turyk E., Banasik M., Stano S., Urbanchik M. Peculiarities of hybrid laser-arc welding of stainless steel 47

Falchenko Iu.V., Petrushynets L.V., Melnichenko T.V., Ustinov A.I., Fedorchuk V.E. Vacuum diffusion welding of γ -TiAl intermetallic with high-temperature nickel alloy with application of intermediate Al/Ni nanolayers 54

NEWS

72 Annual Assembly of IIW 62

International Conference «Ti-2019» 64

In memory of G.M.Grigorenko 66

Information

Engineering, robots, additive technologies of Triada Welding Company 3

PWI OZSO expands nomenclature its products 5

A range of new roll surfacing systems 7

American Welding Society is 100 67

The strategy of LLC «TM.VELTEK» at the present stage 69

The birth and formation of electroslag welding 70

«Avtomaticheskaya Svarka» (Automatic Welding) journal is republished in English under the title «The Paton Welding Journal»

Address

The E. O. Paton Electric Welding Institute of the NAS of Ukraine,
11 Kazimir Malevich Str., 03150, Kyiv, Ukraine
Tel./Fax: (38044) 200-82-77, 200-63-02
E-mail: journal@paton.kiev.ua
www.patonpublishinghouse.com

Инжиниринг, роботы, аддитивные технологии компании Triada Welding

**Миссия компании: «Мы делаем мир технологичней,
создавая умные производства»**

Triada Welding — инжиниринговая компания, специализирующаяся в области сварки с 1992 г. Технологичная и современная компания активно развивается, внедряя новации 4.0 у себя на производстве. Создавая высокотехнологичную продукцию для украинской промышленности, она, одна из немногих, предлагает экспорт высоких технологий.

Профессиональный инженерный подход и серьезный производственный опыт позволяют компании Triada Welding быть в центре развития индустриального комплекса Украины, предлагать и внедрять успешные решения перехода к Индустрии 4.0.

Компания Triada Welding — интегратор промышленных роботизированных сварочных комплексов, официальный представитель в Украине Yaskawa Motoman (Япония), одного из ведущих в мире производителей роботов. Специализируется в проектировании и разработке технологий с применением промышленных роботов для автоматизации сварочных процессов, в том числе контактной сварки, наплавки, перемещения изделий. При производстве роботизированных сварочных комплексов (РТК) используется оборудование передовых мировых производителей: Fronius (Австрия), Abicor Binzel (Германия), Askaynak (Турция), Fidat (Италия). Triada Welding — их официальный сертифицированный представитель в Украине.



На базе собственного технического центра отрабатываются все процессы. После установки РТК предоставляется весь спектр гарантийных сервисных услуг по обслуживанию и технической поддержке, проводится обучение персонала предприятия-заказчика программированию робота, работе на РТК. Производственно-технический центр имеет полную диагностическую базу по ремонту, восстановлению, технической поддержке как самых простых сварочных аппаратов, так и сложных программируемых установок.

Triada Welding проводит инженерно-консультационные услуги, включающие совместную разработку технических заданий, подбор оборудования, доведение конструкторских разработок до стадии производства. 27-летний опыт работы на рынке сварочного оборудования позволяет легко и эффективно решать любые задачи, связанные с роботизацией сварочных процессов.

Основные направления деятельности компании:

- инжиниринг;
- аутсорсинг;
- роботизация сварочных процессов;
- поставка сварочного оборудования и материалов;
- производство систем защиты при сварке;
- проектирование и производство сварочной оснастки и кондукторов;
- обучение;
- R&D.

Triada Welding первая в мире и единственная компания в Украине, получившая сертификат соответствия CFD. Каждые три года компания проходит европейский аудит — полную проверку профессиональных качеств и квалификации сотрудников, соответствие всем международным стандартам техцентра. Все это необходимо для представления в Украине современного высококлассного сварочного оборудования, интеллектуальных сварочных систем Fronius (Австрия).



Компания имеет уникальный опыт разработки и производства оборудования РТК, нестандартного оборудования, в том числе самостоятельно проектирует и изготавливает:

- инструментальную оснастку и кондуктора;
- уникальные вспомогательные элементы, зажимные устройства;
- защитные сварочные системы.

Компания предоставляет свои промышленные мощности для аутсорсинга. Роботизированный сварочный комплекс Yaskawa выполняет частично или целиком сварку различных деталей от предприятий-заказчиков. Работа в партнерстве — реальная возможность подключать высокопрофессиональных специалистов для решения локальных, внутренних, задач. Это возможность доступа к передовому оборудованию РТК с минимальными расходами — заказчик платит только за сварочный шов, получая при этом 100%-ое качество и полное отсутствие брака.

Производство современных мобильных конструкций, предназначенных для защиты людей и окружающего пространства при сварке, включает: проектирование, разработку, изготовление и монтаж с дальнейшим обслуживанием. Вся техническая документация разрабатывается конструкторским отделом компании на базе многолетнего опыта

изучения подобных систем. Защитные ПВХ материалы, используемые для изготовления защитного полотна, отвечают европейским стандартам и требованиям EN-1598.

На основе техцентра создан и успешно работает подразделение R&D — исследование и развитие новых технологий. В этом году компания Triada Welding получила гранд Программы USAID «Конкурентоспроможна економіка України» и успешно ведет работы по исследованию и развитию аддитивных технологий. На базе центра действует общая программа обучения и взаимодействия Triada Welding и НУ Запорожская Политехника. Созданы обучающие программы для студентов технических вузов, колледжей, ВПУ, проводятся семинары и лабораторные работы, научно-технические конференции студентов. Появился совместный проект Triada Welding с НУ «Запорожская Политехника» по созданию и внедрению обучающей технологии VR/AR.

Компания Triada Welding является членом ТПП Украины, регулярно принимает участие в различных технических выставках и семинарах как в Украине, так и за рубежом. Предприятие имеет множество наград и знаков отличия в промышленной отрасли. За высокий профессионализм и серьезный подход к решению производственных задач награждено почетными знаками «Могутність краю» и за «Значительный вклад в развитие промышленности Украины».

В этом году компания успешно реализовала несколько проектов по роботизации, до конца года в планах завершить еще четыре сложных проекта по интеграции РТК в производство, в том числе и за рубежом.

Красносельская Е.Г.



Украина, г. Запорожье
+38(067) 333-10-58,
+38(050) 322-95-53
[www: triada-welding.com](http://www.triada-welding.com)

ОЗСО ИЭС им. Е.О. Патона расширяет номенклатуру своей продукции

Опытный завод сварочного оборудования — ведущий производитель сварочного оборудования в Украине и один из крупнейших производителей сварочного оборудования и материалов в Восточной Европе. Одним из важных направлений развития Завода является расширение географии экспорта продукции ПАТОН™. В 2019 г. Завод активно наращивает объемы поставок на рынки стран, где продукция ПАТОН™ уже хорошо зарекомендовала себя и пользуется спросом у местных профессионалов сварочного дела: Польша, Румыния, Молдова, Беларусь, Грузия, Узбекистан и др.

В 2019 г. добавился еще целый ряд стран, куда экспортируется продукция ОЗСО, доводя таким образом общее количество таких стран до 30. В частности, в этом году были организованы поставки сварочных аппаратов и электродов в Индию, Шри-Ланку, Египет, Турцию и Буркина-Фасо. Высокая надежность, широкая функциональность, а также во многом уникальные технические характеристики дают возможность сварочному оборудованию ПАТОН™ успешно конкурировать с продукцией ведущих мировых производителей на рынках самых разных стран по всему миру.

Также не стоят на месте и конструкторские отделы Опытного завода — сейчас активно ведется работа над мощными инверторными источниками сварочного тока, расширением ассортимента продукции ПАТОН™ за счет мощных промышленных аппаратов для аргодуговой сварки и плазменной резки.

Совсем недавно Заводом уже были представлены новые мощные инверторные аппараты с номинальным сварочным током до 500 А: ВДИ-500 PRO и ПСИ-500-1 PRO. Данные аппараты предназначены для промышленного использования в нескольких режимах сварки: полуавтоматическая и аргодуговая сварка в среде защитных газов и смесей, а также ручная дуговая сварка покрытыми электродами. Аппараты отличаются высоким показателем продолжительности нагрузки (ПН) — до 70 % на максимальном токе в 500 А, чего хватает для проведения сварочных работ покрытым электродом диаметром 6 мм и более, а также сварочной проволокой диаметром до 1,6 мм.

ВДИ-500 PRO и ПСИ-500-1 PRO относятся к профессиональной серии аппаратов с полностью цифровым управлением, за счет чего они имеют более 20 настраиваемых па-



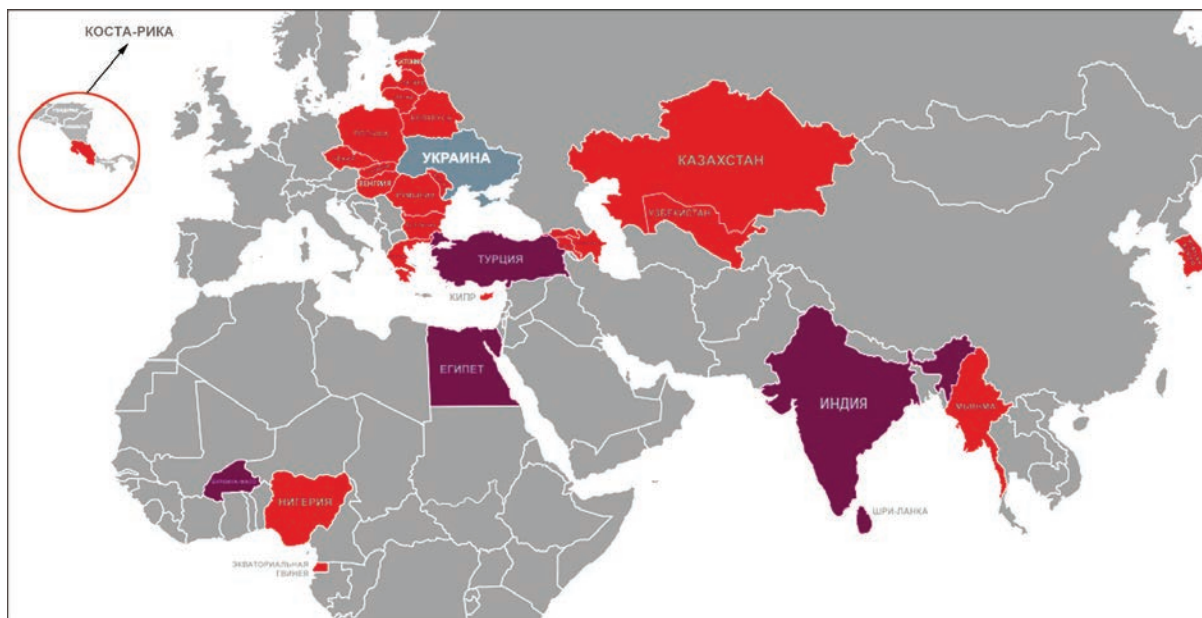
ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ НАНЕСЕНИЕ ПОКРЫТИЙ

- ✦ Плазменно-Порошковая Наплавка (ППН) и Микро-ППН.
- ✦ Решения под ключ от ручной до многоосных автоматических ППН систем.
- ✦ Плазмотроны и Порошковые Питатели.
- ✦ Запчасти и Обслуживание.
- ✦ Разработка инновационных решений наплавки.



Больше информации смотрите здесь





раметров и информативный ЖК-дисплей, которые позволяют настроить работу аппарата под индивидуальные потребности даже самого требовательного сварщика. Помимо этого, регулируемые функции «Антизалипание», «Горячий старт» и «Форсаж дуги» делают сварочный процесс еще более комфортным, а встроенный блок снижения напряжения холостого хода обеспечивает безопасность при работе сварщика в условиях повышенной влажности. Для обеспечения более тщательного переноса металла в сварочную ванну и его перемешивания данные аппараты оснащены импульсным режимом с регулированием частоты импульса от 0,2 до 500 Гц.

Оба аппарата комплектуются длинными медными сварочными кабелями украинского производства, а также высококачественными сварочными аксессуарами от немецкого производителя — компании Abicor Binzel.

Аппараты ВДИ-500 PRO и ПСИ-500-1 PRO сочетают высокую мощность с малыми массогабаритными характеристиками. Полуавтомат ПАТОН™ ПСИ-500-1 PRO выполнен в двухкорпусном исполнении, что в случае транспортировки дает возможность значительно уменьшить его общие габариты, отделив блок подачи проволоки от источника сварочного тока. Также блок подачи проволоки оборудован специальным кронштейном, который надежно фиксирует его на источнике тока, но в то же время дает возможность блоку подачи поворачиваться на 360° для повышения мобильности и удобства для сварщика.

На финальной стадии разработки находятся мощные промышленные аппараты для аргонодуговой сварки — АДИ-315 PRO AC/DC, а также плазменной резки — ПРИ-100 PRO, опытные образцы которых будут представлены Опытным заводом сварочного оборудования ИЭС им. Е. О. Патона на выставке Международный промышленный форум 2019.

Таким образом, ОЗСО ИЭС им. Е.О. Патона проводит активную работу, неуклонно расширяя географию экспорта своей продукции и постоянно расширяя ассортимент инверторного сварочного оборудования ПАТОН™, поддерживая, тем самым, статус ведущего производителя сварочного оборудования и материалов в Украине и продвигая бренд «Сделано в Украине» далеко за ее пределы.

Антон Степахно

ЛИНЕЙКА НОВЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ НАПЛАВКИ ПРОКАТНЫХ ВАЛКОВ

Прокатные валки являются важнейшими элементами прокатного оборудования. В процессе эксплуатации валки горячей прокатки подвержены окислительному и абразивному изнашиванию, а также термической усталости. Для восстановления изношенных валков листопрокатных станов широко применяют наплавку сплошными электродными проволоками или лентами, порошковыми проволоками или спеченными лентами.

Кроме рабочих, наплавке подвергают и опорные валки листопрокатных станов, которые, как правило, изготавливают из азевтектоидной стали 9ХФ. Эти валки в процессе работы испытывают большие статические, динамические и контактные нагрузки. Основными причинами выхода опорных валков из строя являются усталостные разрушения поверхностных слоев бочки валка (отслоение, выкрашивание), а также изнашивание при трении металла по металлу.

Среди трудностей, возникающих при наплавке валков из азевтектоидных трудносвариваемых сталей, следует выделить опасность образования кристаллизационных трещин. Для их предупреждения необходим предварительный подогрев валка до температуры не ниже 400 °С. Нагрев проводят инъекционными беспламенными газовыми горелками или индукторами, при этом скорость нагрева не должна превышать 20 °С/ч.

Вопросы технологической наплавки прокатных валков подробно освещены в литературе.

В качестве оборудования для наплавки листопрокатных валков используют вальцenaплавочные станки типа КЖ и другие специализированные установки.

В НПФ ВИСП разработано новое поколение установок для электродуговой наплавки валков листопрокатных станов. Линейка нового оборудования включает три установки, технические характеристики которых приведены в таблице.

Все установки выполнены по единой конструктивной схеме. Отличительной особенностью нового поколения оборудования является более высокий уровень механизации подготовительно-заключительных и автоматизации сварочных операций.

Для более детальной характеристики нового оборудования рассмотрим конструктивные особенности наиболее крупной установки УН-7000-2, приведенной на схеме.

Основой разработанного оборудования является каркас, на котором установлено техно-

Технические характеристики установок для наплавки валков прокатных станов

Наименование показателей	Модель установки		
	УН-7000-2	УН-3000-2	УН-1500
Размеры наплавляемых деталей, мм			
длина	500...6000	500...3500	50...1500
диаметр	100...660	80...390	60...200
Частота вращения патрона, об./мин	0,1...4,0	0,2...1,5	0,1...5,0
Мощность привода вращения, кВт	2,2	1,0	1,0
Мощность гидравлической станции, кВт	1,5	1,5	0,55
Способ наплавки	MIG/MAG, FCAW-G	MIG/MAG, FCAW-G, CAW	MIG/MAG
Длина горизонтального перемещения каретки 1, мм	6810	3400	2100
Длина горизонтального перемещения каретки 2, мм	6810	3400	-
Скорость горизонтального перемещения каретки, мм/мин	3...6000	3...6000	7...1500
Вертикальный ход горелки (мундштука), мм	450	430	550
Давление в гидросистеме, бар (мх)	210	210	210
Максимально потребляемая мощность, кВт	124	124	34
Параметры сети питания	3Ф/50 Гц×380 В	3Ф/50 Гц×380 В	3Ф/50 Гц×380 В
Габаритные размеры, мм			
длина	8600	5800	3300
ширина	2000	2000	1930
высота	2530	2530	1250
Масса (без сварочного оборудования), кг	4800	3400	1300



Внешний вид установки УН-3000-2

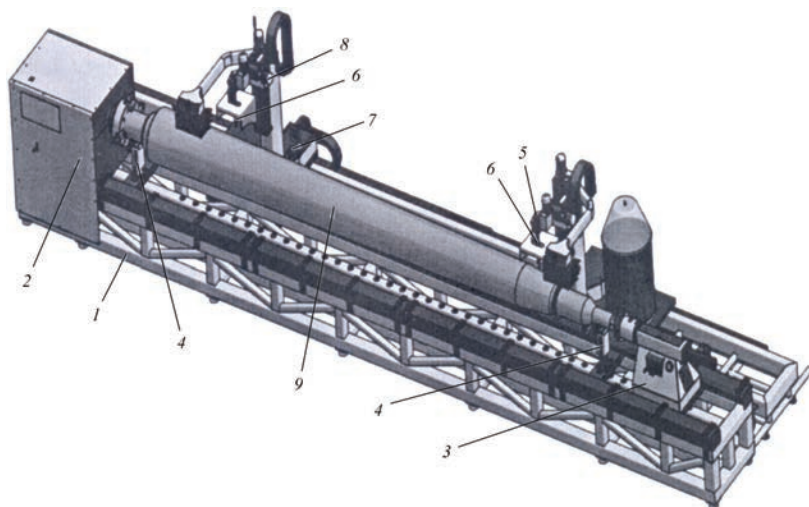


Схема установки УН-7000-2: 1 — каркас; 2 — передняя бабка; 3 — задняя бабка; 4 — ловители; 5 — механизм подачи проволоки; 6 — горелка; 7 — привод горизонтального перемещения; 8 — привод вертикального перемещения; 9 — наплавляемая деталь

Процесс наплавки осуществляется одновременно двумя головками с автономным охлаждением горелок в автоматическом режиме посредством использования программируемого контроллера (ПК). Управление работой установки осуществляется с выносных пультов, основного дисплея и органов гидравлики, расположенных на задней бочке.

Для облегчения установки наплавляемых валков и обеспечения их точного позиционирования относительно центров предусмотрены два ловителя с гидравлическими цилиндрами подъемной силой 75 кН каждый.

Установка УН-7000-2 уже второй год эксплуатируется на одном из предприятий компании «Метинвест» (г. Мариуполь). В настоящее время заканчивается изготовление еще двух установок другой модели УН-3000-2 для упомянутого выше заказчика.

логическое оборудование. На левой стороне расположена передняя балка с вращателем. На верхней части каркаса расположены рельсовые направляющие, по которым движется задняя бабка и ловители. К задней части каркаса прикреплена дополнительная рама, на которой установлены горизонтальные валы на опорах, по которым движутся две независимые друг от друга каретки. На платформах кареток предусмотрено место для установки бочек с порошковой проволокой, а также размещены колонны, по которым осуществляется вертикальное перемещение горелок и колебательного механизма.

Ю.А. Никитюк, Е.В. Гримальский, Г.И. Лашенко

НАЧАЛО ЭРЫ КОСМИЧЕСКИХ СВАРОЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Академик Б.Е. Патон

16 октября 1969 г. летчиками-космонавтами СССР Георгием Шониным и Валерием Кубасовым впервые в мире на космическом корабле «Союз-6» с помощью универсальной автоматизированной установки «Вулкан» были проведены эксперименты по сварке и резке в открытом космосе.

Создатель практической космонавтики Сергей Павлович Королев еще в начале 1960-х гг. поставил перед Институтом электросварки им. Е.О. Патона задачу — разработать программу экспериментов для осуществления сварки и резки в космосе. Эта программа научных исследований, конечной целью которой было создание сварочной аппаратуры и технологий для соединения материалов в космосе с помощью сварки, начала осуществляться в 1964 г., а в октябре 1969 г. были проведены эксперименты.



Георгий Степанович Шонин (1935–1997 гг.) —
летчик-космонавт СССР, Герой Советского Союза

В 1957 г. окончил Ейское военно-морское авиационное училище летчиков. Служил в ВВС Военно-Морского Флота СССР. В 1960 г. он отобран в отряд космонавтов. В 1968 г. окончил Военно-воздушную инженерную академию имени Н.Е. Жуковского. Кандидат технических наук. Совершил космический полет 11–16 октября 1969 г. в качестве командира космического корабля «Союз-6». С ноября 1990 г. Г.С. Шонин находился в запасе.



Валерий Николаевич Кубасов (1935–2014 гг.) —
летчик-космонавт СССР, дважды Герой Советского Союза

В 1958 г. окончил Московский авиационный институт. В 1958–1966 гг. работал в РКК «Энергия». Занимался проектированием пилотируемых космических кораблей. В 1966–1993 гг. состоял в отряде космонавтов. Совершил три полета в космос (1969, 1975, 1980 гг.). 11–16 октября 1969 г. совершил первый космический полет в качестве бортинженера космического корабля «Союз-6» (в экипаже с Георгием Шониным). Во время полета впервые в мире был проведен эксперимент по сварке в условиях космоса. После ухода из отряда космонавтов продолжил работать в РКК «Энергия», а с 1997 г. был научным консультантом.

Автоматизированная сварочная установка «Вулкан», на которой были проведены эксперименты по сварке и резке в открытом космосе, была разработана и изготовлена в Институте электросварки им. Е.О. Патона.

В создании установки принимали участие ведущие ученые института, конструкторы, технологи, рабочие-сборщики аппаратуры, испытатели. Большую помощь в создании установки оказали специалисты РКК «Энергия» им. С.П. Королева. Она позволила выполнять сварку плавлением тремя различными способами: дугой низкого давления с плавящимся электродом, сжатой дугой низкого давления с полым катодом и электронным лучом. Установка «Вулкан» состояла из двух отсеков. В одном (не герметичном) располагались устройства для выполнения каждого из перечисленных способов сварки и вращающийся стол со свариваемыми образцами. Во время работы в этом отсеке поддерживалось низкое давление — космический вакуум. В другом отсеке (герметичном) были установлены автономный аккумуляторный источник электропитания, вторичный источник питания (ВИП — разработка Института электродинамики НАН Украины), блоки управления, средства измерения. Установка была оснащена дистанционным пультом управления. Масса аппаратуры около 50 кг.



Автоматизированная сварочная установка «Вулкан»



Кубасов В.Н. и Шонин Г.С. с установкой «Вулкан» перед полетом на корабле «Союз-6» (1969 г.)

Мощность сварочных устройств для различных способов составляла от 0,6 до 1,0 кВт.

Установка «Вулкан» была размещена в шлюзовом отсеке космического корабля «Союз-6». На период проведения экспериментов этот отсек был разгерметизирован. В нем поддерживалось давление, близкое к забортному $1 \cdot 10^{-4}$ мм рт. ст. Экипаж во время эксперимента находился в герметичном, возвращаемом на Землю, отсеке, отделенном от шлюзового отсека закрытым люком.

Космическое пространство, в котором летают пилотируемые космические корабли и станции, отличается от условий на Земле рядом так называемых факторов космического пространства и, в первую очередь, микрогравитацией и космическим вакуумом. Эксперименты по сварке в космосе были совершенно новым направлением среди тех работ, которые выполнял наш Институт. Поэтому, когда определялись направления работ по сварке в космосе, рассматривались разные виды сварки как в твердой фазе, так и плавлением. Но наиболее гибким и широким видом сварочных работ в космосе для выполнения возможных монтажных и ремонтно-восстановительных операций являются способы сварки плавлением.

Использовать способы сварки, требующие приме-

нения газов, в открытом космосе весьма затруднительно. Космическое пространство — это полностью открытый бесконечный объем. Поэтому молекулы газа быстро удаляются в открытый космос. Большие трудности возникают также при применении в космосе метода дуговой сварки плавящимся электродом. При снижении давления окружающей атмосферы характер дугового разряда меняется. При низком давлении плазмообразующим веществом является уже не газ, а пары присадочного и свариваемого материалов. Давление паров в районе столба дуги хотя и выше окружающего, но недостаточно для получения локализованного дугового разряда. Большое влияние на процесс дуговой сварки плавящимся электродом оказывает микрогравитация. Она затрудняет переход в шов расплавляемого электродного металла, а находящиеся на электроде капли металла могут достигать очень больших размеров. Рассмотренные выше проблемы практически отсутствуют при электронно-лучевой сварке. Космический вакуум лишь способствует качественному выполнению электронно-лучевой сварки, а микрогравитация не оказывает на этот процесс существенного влияния.

Проведенные эксперименты позволили установить, что наиболее приемлемым видом сварки в открытом космосе является электронно-лучевая сварка. Было установлено, что при длительной невесомости и космическом вакууме процессы сварки и резки электронным лучом протекают стабильно и обеспечиваются необходимые условия для нормального формирования сварных соединений и резов. Таким образом, эксперименты, проведенные на установке «Вулкан», дали богатейшую информацию, которая позволила в дальнейшем создать новые образцы космической сварочной аппаратуры и разработать технологии сварочных процессов в космосе.

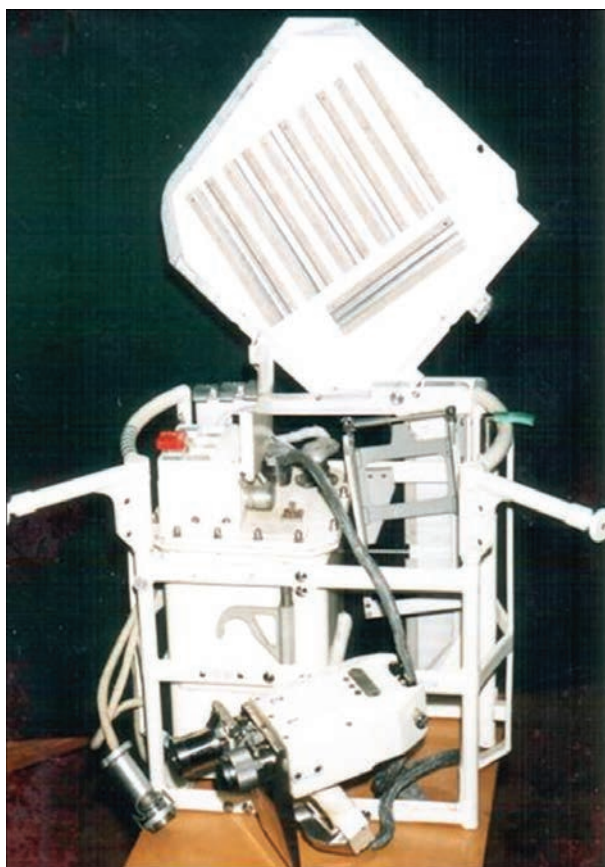
Проведенный эксперимент положил начало эры космических сварочных технологий.

Работы по созданию оборудования и технологий сварки в открытом космосе были продолжены.

При работе в открытом космосе на борту космического аппарата могут возникнуть самые неожиданные ситуации, требующие применения сварки и родственных технологий, причем зачастую вид и объем операций должен будет определяться космонавтами непосредственно на месте. Им придется работать на разных участках космического аппарата и иметь дело с различными конструкционными материалами. Для этих целей в Институте электросварки им.



Патон Б.Е. и Кубасов В.Н. возле установки «Вулкан»



Универсальный ручной инструмент (УРИ)

Е.О. Патона был создан универсальный рабочий инструмент (УРИ). Испытания УРИ в условиях открытого космоса было проведено на борту станции «Салют-7» летчиками-космонавтами С.Е. Савицкой и В.А. Джанибековым. Проведенные эксперименты по сварке, резке, пайке и нанесению покрытий показали хорошие результаты и подтвердили высокую работоспособность аппаратуры УРИ в открытом космосе.

Следующим поколением оборудования для сварки в открытом космосе было создание аппаратуры «Универсал». Основным его отличием от УРИ было увеличение более чем в два раза выходной мощности. Кроме того, был модифицирован ряд основных узлов, которые обеспечили увеличение надежности инструмента. Комплекс «Универсал» прошел всесторонние наземные испытания и был рекомендован для использования в качестве штатного инструмента на орбитальных пилотируемых станциях. К сожалению, в силу ряда объективных причин, комплекс «Универсал» не был испытан в открытом космосе, хотя его испытание предполагалось как на борту космического челнока «Коламбия», так и на станции «Мир».

Анализ результатов наземных технологических экспериментов, проведенных с помощью аппаратуры «Универсал», показал, что с его помощью можно сваривать алюминиевые и титановые сплавы, а также нержавеющую сталь толщиной до 1,5 мм.

В настоящее время в ИЭС им. Е.О. Патона проводятся работы по созданию следующего поколения электронно-лучевого инструмента для сварки в открытом космосе, который включает триодную электронно-лучевую пушку, отделенную от высоковольтного источника питания. Отделение электронно-лучевой пушки от источника питания и использование для этой цели гибкого высоковольтного кабеля с малогабаритным высоковольтным разъемом дает



Комплект оборудования для ручной электронно-лучевой сварки «Универсал»



Ручной электронно-лучевой инструмент нового поколения

возможность существенно уменьшить габариты и массу инструмента, повысить его маневренность при осуществлении технологических процессов в открытом космосе, увеличить срок непрерывной работы и эксплуатационную надежность, а также облегчить операции замены инструментов разного технологического назначения непосредственно за бортом космического аппарата.

В электронно-лучевом инструменте нового поколения значительно увеличена мощность — до 2,5 кВт, что позволяет сваривать алюминиевые и титановые сплавы, а также нержавеющую сталь толщиной 6 мм. Электронно-оптическая система пушки позволяет получать остросфокусированный луч диаметром не больше 0,6 мм. Масса пушки равна 2,5 кг (вдвое меньше, чем в «Универсале»). Ресурс работы катода значительно увеличен и равен 30...40 ч. Смену отработанного катодного узла можно будет провести на орбите в течение 5...10 мин. Предусмотрена возможность работы ин-

струмента не только в ручном, но и автоматическом режиме с использованием робототехнических устройств или манипуляторов.

В последнее время во всем мире проводятся работы, связанные с освоением Луны. В ИЭС им. Е.О. Патона разрабатывается аппаратура для электронно-лучевой сварки в условиях поверхности Луны при создании долговременных Лунных баз и инфраструктуры для этих сооружений. С учетом особенных физических условий на поверхности Луны, в первую очередь, сверхвысокого вакуума (до 10^{-13} мм рт. ст.), необходимая герметичность соединений наиболее надежно может быть обеспечена только с помощью сварки. Поэтому, создание сварочной аппаратуры и технологий для проведения монтажных и ремонтно-восстановительных работ на поверхности Луны является весьма актуальным при ее освоении человеком. Кроме сверхглубокого вакуума на поверхности имеются и другие физические особенности: резкая смена температур от $+140$ °С днем и до -170 °С в ночное время, пониженная гравитация (1/6 от гравитации на Земле), лунная пыль (реголиты) и др. Все эти особенности необходимо учитывать при разработке как сварочной аппаратуры, так и при создании вспомогательных устройств — рабочего места оператора. В разрабатываемой конструкции пушки учтены условия формирования электронного пучка в сверхглубоком вакууме, которые значительно отличаются от таковых в наземных вакуумных установках и в околоземном пространстве, в котором летают космические корабли и пилотируемые космические станции.

Мы убеждены, что космическая сварочная аппаратура и технологии, начало которым было положено 50 лет тому назад экспериментом «Вулкан», найдут применение при осуществлении разных проектов при строительстве промышленных комплексов на Земной орбите, освоении Луны и полетах на другие планеты, а также по изучению фундаментальных космических явлений.

Космические технологии в публикациях ИЭС им. Е.О. Патона





72-а ЩОРІЧНА АСАМБЛЕЯ МІЖНАРОДНОГО ІНСТИТУТУ ЗВАРЮВАННЯ

Цього разу головна подія року в галузі електрозварювання з країни Південно-Східної Азії перемістилася чи не в самий центр Європи. Міську браму для 72-ої щорічної Генеральної асамблеї Міжнародного інституту зварювання та Міжнародної конференції відкрила столиця Словаччини — гостинна Братислава, що безпосередньо межує відразу з двома державами — Австрією та Угорщиною.

Протягом шести робочих днів, з 7 до 12 червня 2019 р., 789 учасників з 45 країн світу мали можливість прослухати 70 доповідей і 92 презентації, провести відповідні регламенту голосування та вибори, та під шалені оплески учасників цього всесвітнього форуму поздоровити лауреатів професійних нагород за досягнення минулих років в галузі зварювання.

За багаторічною традицією Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона Національної академії наук України як член Міжнародного інституту зварювання (МІЗ) взяв участь в роботі форуму. Делегацію очолював представник Інституту в МІЗ учений секретар І.М. Клочков. Разом із ним в роботі форуму взяли участь начальник відділу, кандидат технічних наук М.В. Юрженко, кандидати технічних наук С.І. Мотруніч та С.В. Шваб.



Делегація на МІЗ від ІЕЗ ім. Є.О. Патона

Останній, разом з тим, є головою Ради наукової молоді Інституту.

Щорічна Генеральна асамблея вважається відкритою після промови президента МІЗ пана Дугласа Р. Лючіані (Канада). В Братиславі ці правила, звичайно ж, були витримані. Після привітань президента МІЗ і його слів на підтвердження того, що кворум є, розпочалася робота 72-ої щорічної Генеральної асамблеї.

В цьому році МІЗ вирішив відзначити внесок в розвиток зварювання та споріднених технологій наступних вчених:

- медаль Уолтера Едстрьома, що заснована шведською делегацією, отримав пан Мін-Чул Хонг (Корея);
- знаки дійсних членів МІЗ (за участь в роботі МІЗ протягом 10 та більше років) отримали почесний професор Хорст Сержак (Австрія), професор Карл Кросс (США), доктор Річард Далбі (Велика Британія), професор Леїф Карлссон (Швеція), професор Америкіо Скотті (Швеція);
- нагороду Артура Сміта, що заснована делегацією Великої Британії, отримав доктор Кота Кадої (Японія);
- нагороду Кріса Смолбона, що заснована членами МІЗ від Болгарії, Греції, Румунії та Сербії, отримав пан Рей Шук (США);
- медаль Томаса, що заснована Американським товариством зварювання, отримав пан Дуглас Кац (США);
- нагороду Йосіаки Арата, що заснована делегацією Японії, отримав професор Леїф Карлссон (Швеція);
- нагороду Халіла Кая Гедіка, що заснована делегацією Туреччини, отримав пан Девід Фінк (США);
- нагороду за кращу у 2018 р. наукову друковану роботу в галузі зварювання, що заснована МІЗ, отримав доктор Вахід Хоссейні (Швеція);
- приз Анрі Граньона, що заснований Французьким інститутом зварювання, отримав доктор Джінсонг Чен (США), доктор Хісаїя Комен (Японія), дипломований інженер Александр Ніцше (Німеччина) та доктор-інженер Йонас Хенсель (Німеччина);
- приз Уго Гуеррера, що заснував Італійський інститут зварювання, отримала пані Клаудія Паван (Італія).



Проф. Девід Олсон — лауреат Приза Євгена Патона за 2019 р.

Вже багато років поспіль ІЕЗ ім. Є.О. Патона вручає одну з найпочесніших нагород цього міжнародного форуму — Приз Євгена Патона. Цей рік, як і завжди, спільноту в галузі електрозварювання було висунуто багато претендентів. Виборов же Приз професор зі Сполучених Штатів Америки Девід Олсон за свій внесок в розвиток передових технологій, матеріалів та обладнання для зварювання та споріднених процесів.

Як і торік, і як у попередні роки був вручений ще один приз, що запроваджений ІЕЗ ім. Є.О. Патона. Учасники щорічних асамблей неофіційно вже назвали його «жіночим призом». Дійсно, номінантом цього призу завжди є жінка з числа членів місцевого оргкомітету по підготовці та проведенню щорічної асамблеї. У 2019 р. Титанова троянда (а саме так офіційно називається цей неофіційний приз) була вручена ученим секретарем ІЕЗ ім. Є.О. Патона І.М. Клочковим під бурхливі оплески присутніх пані Петрі Заводній.

Українські учасники Асамблеї, як і завжди, поїхали в Братиславу не з порожніми портфелями. Поїхали не лише, щоб почути інших, але й представити на розсуд фахівців майже з усього світу зварювання свої напрацювання та здобутки.

На комісії XIII (Опір втомі зварних елементів і конструкцій) Ілля Клочков і Святослав Мотруніч представили доповідь «High cycle fatigue behaviour of thin sheet joints of aluminium-lithium alloys under constant and variable amplitude loading». І вже на міжнародній конференції ними ж була представлена стендова доповідь «Fatigue life of thin sheet joints of aluminum-lithium alloys produced by FSW and TIG welding technologies».

На об'єднаному засіданні комісії XI (Трубопроводи та посудини, які експлуатуються під тиском) та підкомісії IX-С (Поведінка металів, які зварюються) було представлено доповідь на тему «Solid experience in the use of continuous monitoring systems pipeline thermal station during the operation on the basis of SHM technologies». До

її авторського колективу входять Лобанов Л.М., Недосека А.Я., Недосека С.А та Мотруніч С.І.

З доповіддю на Комісії XVI (Полімерні з'єднання та адгезивні технології) виступив Максим Юрженко. Тема доповіді — «Structural studies of the welded joints and hypothesis of the welding mechanism of plastics». Він же виступив на міжнародній конференції із доповіддю «Novel theory of plastics welding and its application». Його яскраві виступи заслужили не лише оплески, але й привернули увагу багатьох учасників до його ідей та технологій, що він застосовує в дослідженнях. Крім того, в програмі Комісії VI (Термінологія) він представив розроблений ним і науковим колективом, який він очолює, «Словник-довідник зі зварювання та склеювання пластмас».

Як зазначає сам Максим Юрженко, для нього головний результат участі в роботі щорічної Асамблеї МІЗ і Міжнародної конференції — це представлення нашої теорії про механізм зварювання та природу зварних з'єднань полімерів на розсуд світової наукової спільноти. Теорію прийняли, і зразу встановився контакт з TWI (Кембридж). Крім того, взяли в роботу Словник-довідник, і частина термінів зі зварювання пластмас в проекті нового стандарту ISO 4063 вже буде взята з нього, тобто на ньому базуватися.

Вперше серед членів української делегації голова Ради наукової молоді ІЕЗ ім. Є.О. Патона Сергій Шваб взяв участь в роботі WG-RA (Робоча група з питань діяльності в регіонах), виступивши із доповіддю про проведення 19–22 травня 2020 р. в Києві Міжнародної конференції молодих професіоналів зі зварювання та споріднених технологій (YPIC) разом із WRTYS–2020. Ця доповідь була також представлена на засіданні TG-YL (Цільова група молодих лідерів). Важливість цих виступів неможливо недооцінити. Бо вже сьогодні цей захід анонсований на сайті Міжнародного інституту зварювання.

З початку своєї діяльності у 1948 р. Міжнародний інститут зварювання відіграє провідну роль в розвитку зварювання та об'єднанні діяльності членів цієї організації тепер вже з 53 країн світу. Свої функції в МІЗ виконують робочі групи та Міжнародна рада з ліцензування. Тому значення генеральних асамблей членів МІЗ для зростання, актуальності та динамічності цієї організації важко переоцінити.

Цього року поряд із звичайною Генеральною асамблеєю відбувалася Надзвичайна Генеральна асамблея у зв'язку із закінченням контракту між МІЗ та Institut de Soudure (Франція). З 1 січня 2020 р. виконавчий офіс буде знаходитися в італійському Istituto Italiano della Saldatura (IIS)

Group, а обов'язки головного виконавчого директора від пані Сесіль Майер перейдуть до пана Лука Кости.

Засідання 75 робочих груп відбулось в межах засідань 23 комісій, і проходили вони три дні. Три дні інтенсивних засідань, зустрічей, презентацій тощо. Протягом цього часу робочі групи прийняли 160 рішень, зокрема 144 рішення щодо публікацій в головному виданні *Welding in the World* (Зварювання в світі). Важливими є також прийняті сім рішень, що затверджені Міжнародною організацією стандартизації (ISO), в галузі електрозварювання та суміжних технологій на підтримку розвитку промисловості.

Особливо варто відзначити позитивні рішення Комісії C-VIII Здоров'я, безпека та навколишнє середовище щодо монографії Міжнародної агенції дослідження раку *Welding, Molybdenum Trioxide, and Indium Tin Oxide* та її пояснення щодо зварювальних газів.

Загальні обговорення спеціалістів стосувалися сучасних викликів в галузі передових промислових розробок і технологій, зокрема в двох комісіях обговорювалися питання щодо адитивного виробництва.

В цьому контексті необхідно згадати про три технологічних тури, що були організовані в рамках Асамблеї на нафтопереробний завод «Словнафт», гідроелектростанцію «Габчіково» та завод «Фольк-

сваген», що допомогли учасникам Асамблеї зрозуміти рівень розвитку промисловості в регіоні.

Підтримка молодих професіоналів, які працюють в галузі електрозварювання, є одним з головних завдань МІЗ. В Братиславі спеціальні заходи були організовані для 144 молодих науковців і студентів. Крім того, вони мали можливість представити свої ідеї та обмінятися думками на засіданнях робочих груп. Найкращі виступи були відзначені призами, зокрема призами Словацької академії наук. Один з призів отримав представник ІЕЗ ім. Є.О. Патона С.І. Мотруніч.

Неофіційна програма, коли учасники Асамблеї могли зняти краватки та офіційне вбрання, складалася з п'яти заходів. Особливу увагу учасників привернув Словацький вечір, що проходив в Old Market Hall. Гостей пригощали національними стравами, вином, відомим в усьому світі пивом і музичними виступами словацьких артистів.

72-а щорічна Генеральна асамблея МІЗ завершила свою роботу. Від учасників цього форуму організатори — Дослідницький інститут електрозварювання та Словацьке товариство зварювання — почули багато слів подяки.

Братислава передала прапор організаторів Сінгапуру, де 19–24 липня 2020 р. відбудеться 73-я щорічна Генеральна асамблея МІЗ. Потім форум прийматиме італійська Генуя, а в 2022 р. головні події в галузі електрозварювання відбудуться в Tokyo.

І.М. Клочков, канд. техн. наук



Международная конференция «Ti-2019»

14-я Международная конференция по титану, проходившая с 10 по 14 июня 2019 г. в г. Нанте (Франция), является традиционной крупнейшей международной конференцией по титану, которые проводятся раз в 4 года, начиная с 1968 г. Тематика конференций охватывает все этапы производства и использования титана в промышленности, начиная от восстановления губчатого титана и до применения титановых изделий в авиастроении, космической технике, медицине, двигателестроении, химическом и энергетическом машиностроении, а также других отраслях. На конференциях представляются результаты исследований за предыдущие четыре года и происходит обсуждение перспективных направлений развития титановой науки и промышленности.

Работа конференции проходила в виде пленарных и секционных заседаний, а также представ-

ления стендовых докладов. Всего работало 11 секций: аддитивные технологии; аэрокосмическое применение; биомедицинское применение; коррозионные свойства; восстановление и производство порошков; интерметаллиды и композиты; промышленное применение; плавка и литье; зависимость свойств от микроструктуры; микроструктура; деформационная обработка.

В работе конференции приняло участие почти 800 человек из 34 стран мира, было представлено 477 устных докладов, в том числе 7 пленарных докладов и 14 ключевых лекций, а также 86 стендовых докладов.

Параллельно с работой конференции проходила выставка изделий из титана, в которой приняло участие 25 фирм, в том числе такие известные, как Aubert & Duvaul (Франция), TIMET (США),

Voestolpine Bohler Bleche GmbH (Австрия), ВСМПО-АВИСМА (Россия) и др.

На конференции большое внимание было обращено на развитие аддитивных технологий применительно к титану. С этой тематикой так или иначе было связано до 30 % всех докладов. Тематика докладов касалась как разработки 3D-аддитивных технологий и оборудования для их реализации, так и исследования структуры и свойств получаемых изделий, а также производства расходных материалов (титановые проволока и порошок).

В настоящее время ведутся работы по внедрению аддитивных технологий в титановую промышленность. Так, например, в ЕС активно работает проект по изготовлению методами аддитивных технологий изделий для космической техники, который совместно финансируется промышленными предприятиями (45 млн евро) и из бюджета Европейского Союза (30 млн евро). Причем работы охватывают все этапы создания изделий: проектирование, изготовление, исследование эксплуатационных характеристик получаемых деталей. В процессе проектирования изделия методами математического моделирования оценивают напряженно-деформированное состояние и создают конструкции с равномерной удельной нагрузкой. При этом получаемые формы таких конструкций зачастую другими способами, чем 3D-аддитивными технологиями, получить невозможно.

Из всего разнообразия аддитивных технологий в промышленности наибольшее распространение получают технологии наплавки проволокой или порошком, что обусловлено их более высокой производительностью по сравнению с bed-технологиями сплавления. Следует отметить, что механические характеристики наплавляемого металла ниже, чем у полуфабрикатов титановых сплавов, получаемых методами термомеханической обработки, поэтому конечные изделия подвергаются, как правило, изостатическому прессованию. В целом, стоимость получаемых по 3D-аддитивным технологиям изделий оказывается достаточно высокой, а основной выигрыш заключается в изменении конструкции изделий, что позволяет при сохранении прочностных параметров деталей снизить их массу до 40 %.

Касательно применения титана в промышленности следует отметить рост объемов потребления титановых сплавов в традиционных отраслях применения титана: самолето- и двигателестро-

нии. Рост доли титана в общей массе планера самолета обусловлен тем, что он практически не взаимодействует химически с углепластиковыми и другими композитными материалами, применение которых в самолетостроении стремительно растет. Поэтому значительная часть силовой арматуры в перспективных самолетах изготавливается из титановых сплавов. Увеличение объема применения титановых сплавов в газотурбинных двигателях объясняется активным внедрением в их конструкцию деталей из алюминидов титана, в том числе лопаток.

В докладе специалистов фирмы «Дженерал электрик Авиэйшн» путем обработки больших массивов статистических данных о качестве слитков и полуфабрикатов титановых сплавов было убедительно показано преимущество технологии переплава с промежуточной емкостью (ЭЛП или ПДП) с последующим гомогенизирующим вакуумно-дуговым переплавом над технологией трехкратного ВДП с точки зрения удаления тугоплавких включений из титановых сплавов, предназначенных для изделий ответственного назначения в авиации.

Основные доклады в области сварки были посвящены исследованиям в области сварки титана трением с перемешиванием и диффузионной сварки титана с другими металлами.

От Украины на конференции были представлены доклады «Электронно-лучевая плавка слитков алюминидов титана» (ИЭС им. Е.О. Патона), «Возможность использования полученных методом электронно-лучевой плавки титановых сплавов в качестве броневых материалов» (ИМ им. Г.В. Курдюмова, ИЭС им. Е.О. Патона), «Получение β -титановых сплавов методами гидридной порошковой металлургии» (ИМ им. Г.В. Курдюмова), «Микроструктура и свойства образцов из титанового сплава Ti-6Al-4V, полученных методом 3D-аддитивной электронно-лучевой наплавки» (ПрАТ «Червона хвиля», ИМ им. Г.В. Курдюмова), которые вызвали большой интерес участников конференции.

В целом, в настоящее время рынок титана находится в стадии устойчивого роста на 5...7 % ежегодно, а перспективными направлениями развития титановой индустрии являются расширение использования 3D-аддитивных технологий титана и применение сплавов на основе алюминидов титана в аэрокосмическом секторе промышленности.

С.В. Ахонин, д-р техн. наук

ПАМ'ЯТІ Г.М. ГРИГОРЕНКА



На 81-му році пішов з життя доктор технічних наук, професор, академік НАН України, відомий вчений в галузі спеціальної електromеталургії, матеріалознавства та зварювання, лауреат Державної премії УРСР в галузі науки і техніки (1980), премії імені Є.О. Патона НАН України (2017), премії

Кабінету Міністрів України (2019) Георгій Михайлович Григоренко.

Вся трудова, наукова та педагогічна діяльність Георгія Михайловича пов'язана з Інститутом електрозварювання ім. Є.О. Патона, в який він прийшов у 1961 р. на дипломну практику ще студентом Київського політехнічного інституту.

Основні напрямки його наукової діяльності — фізична хімія пірометалургійних процесів, матеріалознавство, теорія і технологія зварювальних процесів, спеціальна електromеталургія.

Він отримав вагомі результати в термодинаміці і кінетиці взаємодії газів з рідкими металами і сплавами при різних способах плавлення металу: індукційному, дуговому, плазмово-дуговому, електрошлаковому. Брав безпосередню участь у розробці нових методів обладнання та технології плазмово-дугового, дугошлакового переплавів, електрошлакової технології, індукційного плавлення з комбінованими джерелами нагрівання та у водоохолоджуваних секційних кристалізаторах.

Розробляв технології плавлення високоазотистих сталей з легуванням металу з газової фази. Вперше проаналізував і класифікував газообмінні процеси в електromеталургії при плавці та переплаві.

Г.М. Григоренко встановив взаємозв'язок між швидкістю деформації, формуванням структурних комплексів і метастабільних фаз з міцністю в зоні

з'єднання різнорідних металів з обмеженою розчинністю при зварюванні тиском.

Він дослідив співвідношення структурних складових і неметалевих включень в металі швів при електродуговому зварюванні, які дозволяють керувати процесами формування оптимальної структури для отримання найбільш високих показників міцності й пластичності зварних з'єднань низьколегованої сталі, стійкої щодо крихкого руйнування. Провів теоретичні й експериментальні дослідження особливостей формування хімічної і структурної неоднорідностей, що впливають на міцність, зародження тріщин та руйнування жаростійких сплавів, зварних з'єднань високоміцних трубних сталей і алюмінієвих сплавів зі скандієм та літієм.

Понад 35 років Георгій Михайлович очолював один з найбільших відділів ІЕЗ ім. Є.О. Патона — відділ фізико-хімічних методів досліджень матеріалів.

З 1993 р. Г.М. Григоренко був заступником головного редактора журналу «Современная электromеталлургия», входив до редколегії журналу «Автоматическая сварка» та ще двох журналів, один з яких видається у Польщі.

Активну наукову діяльність поєднував із педагогічною: працював заступником завідувача кафедри Московського фізико-технічного інституту (1982–2015 рр.), професором НТУУ «Київський політехнічний інститут» (1999–2013 рр.).

Підготував 7 докторів і 11 кандидатів наук. За великий внесок у розвиток вітчизняної науки та освіти, міжнародних наукових контактів Георгія Михайловича було відзначено медаллю «За трудову доблесть» (1984), Почесною грамотою Верховної Ради України (2004), відзнаками Національної академії наук України «За підготовку наукової зміни» (2008), «За наукові досягнення» (2009), «За професійні здобутки» (2014).

Світла пам'ять про Г.М. Григоренка надовго залишиться в серцях тих, хто його знав, разом з ним працював та жив.

Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона,
редколегія журналу.



АМЕРИКАНСКОМУ СВАРОЧНОМУ ОБЩЕСТВУ — 100

Американское сварочное общество

(American Welding Society – AWS) — организация,

занимающаяся проблемами стандартизации процессов сварки, соединений деталей, пайки, резки, наплавки и газотермического напыления

Основано в 1919 г. как некоммерческая организация для совершенствования теоретических основ, способов практического применения сварочных работ и смежных с ними областей, связанных с соединением деталей как в производственных помещениях, так и в высотных конструкциях, как при производстве военной техники, так и бытовых изделий.

В настоящее время AWS продолжает свою деятельность по поддержке совершенствования знаний и технологий в области выполнения сварки.

В AWS состоят более 73000 человек и более 1300 корпоративных членов по всему миру, объединившихся с целью содействия развитию технологии, теории и практики сварки. Членами общества являются инженеры, ученые, педагоги, исследователи, сварщики, инспекторы, коммерческие партнеры, руководители компаний и служащие, круг интересов которых включает автоматическую, полуавтоматическую и ручную сварку, наплавку, напыление, пайку твердым припоем, пайку мягким припоем, а также вопросы, касающиеся безопасности и здоровья.

Journal of the American Welding Society

Volume 1 OCTOBER, 1919 Number 1

Our Perspective

By COMFORT A. ADAMS

THE whole civilized world is in a state of fermentation. What is the cause? Some tell us that it is the war, but is this not a superficial explanation? Was not the war merely a stimulus or aid to the fermentation already started? The fact is that the work of the engineer has brought the ends of the earth closely together—has made the nations of the earth inter-dependent. This has made large combinations or organizations of all kinds not only possible but necessary. As yet the human race has not learned how to control the power of these enormous organizations, whether of nations, of capital, or of labor. We have not learned yet how to make them serve society and thus make the world a better place to live in.

The great war is over but the spirit of war still prevails. The only difference is in the size of the units involved—whether they be nations against each other, organizations of capital against each other, organizations of capital against organizations of labor, or even a struggle between organizations of labor, each trying to raise its own head above that of the others. But how futile all this is, for it is nothing more than a struggle on the part of each group to get a larger share of the wealth produced by them all, a struggle to get up by climbing on the other fellow's back, to get something by taking it away from the other fellow. This kind of war is just as wasteful of time and energy as is the ordinary variety, and, moreover, it is going on all the time, whereas the ordinary variety has intervals of cessation. It can only result in a reduction in the total product of labor and therefore in the average reward of labor.

Moreover this kind of war almost invariably develops a habit of dishonesty and distrust, or at least of stretching the truth, which is one of the most vicious influences in our business life. I do not refer to clean, wholesome competition.

It is the simplest possible axiom, when we stop to think—and few people ever do stop to think—that the only way, in the long run, for labor as a whole to get more wealth, is for it to create more wealth, and the only way to create more wealth is to increase the pro-

ductivity of labor, or, to use a much abused word, to increase the efficiency of labor, which means co-operation on the one hand and the introduction of labor saving methods on the other.

Just here is where the AMERICAN WELDING SOCIETY comes in, for one of its chief functions is to increase the application of welding, which is one of the greatest labor saving processes of the past few decades. Its predecessor, the Welding Committee of the Emergency Fleet Corporation, was animated in no inconsiderable degree with the spirit of co-operation, and it is the hope of the promoters of the Society that this spirit will be carried over.

The field for further application of welding is enormous, but this further application is being delayed by lack of complete knowledge of the art of welding, and by the utterly confusing and, in many cases, diametrically opposing claims of competing interests. These hindrances ought to be removed and they can be removed by the successful conduct of research work, and by a cultivation of the co-operative spirit which will permit a frank, open discussion of the merits of the different processes, and a reasonable agreement as to those merits.

If you were a prospective user of welding and were in doubt as to whether to use gas or electric welding or neither, do you think that your confidence in either process would be enhanced by having its exponents claim that it was the only safe and economical one? How much more confidence you would undoubtedly have, if you were told by the exponent of each, that in such and such fields the other was preferable.

I am not setting forth impractical ideals, but rather the most common sense principles already found successful in many business fields, the application of which is bound to yield the best results for all concerned.

Here then is our job, let us go to it with confidence, energy and enthusiasm, and let us remember that its successful completion will not only mean much to the welding industry, but that it will increase the average productivity of labor, and thus in some degree help to solve the greatest problem of this very critical period in the world's history.

Любопытным для читателей нашего журнала может быть знакомство с опубликованной в первом выпуске «сварочного» журнала AWS «Welding Journal», 100 лет назад (в год основания Американского сварочного общества), статьи А. Adams.

Ниже представляем ее перевод.

Наши перспективы

Весь цивилизованный мир находится в состоянии брожения. В чем же причина? Кто-то говорит, что это война, но разве это не банальное объяснение? А может война была просто стимулом или механизмом запуска уже начавшегося брожения? Дело в том, что работа инженеров оказала сильное воздействие на сближение разных точек планеты, сделала нации взаимозависимыми друг от друга. Это сделало не только возможным, но и

необходимым появление громадных объединений или организаций всех типов. Пока человечество не научилось контролировать «силу» этих огромных организаций, независимо от того говорим ли мы о силе наций, капитала или рабочего класса. Мы еще не знаем, как заставить их служить обществу и, таким образом, сделать мир лучшим местом для жизни. Великая война окончена, но дух войны все еще не перестал доминировать. Единственная разница заключается в размере действующих элементов — либо это противостояние наций друг против друга, организаций с большим капиталом друг против друга, организаций с большим капиталом против рабочих организаций или даже борьба между рабочими организациями, каждая из которых пытается поставить себя выше других. Но насколько это все бесполезно, если это ничто иное, как межгрупповое соперничество за большую долю богатства, созданного ими всеми, борьба чтобы подняться стоя на спине другого, получить нечто, обобрав другого. Такой тип войны это просто бесполезная трата времени и энергии в обычном понимании что такое война и, более того, она идет без остановки, в то время как в просто войне могут быть перемирия. Это может привести только к снижению общей производительности труда и, следовательно, к средней его оплате. Более того, этот вид войны почти всегда неизбежно формирует привычку врать и не доверять или, по крайней мере, «растягивать» правду, что является одним из самых негативных факторов деловой жизни. Я не говорю о чистой, здоровой конкуренции.

Это самая простая аксиома, если перестать размышлять — и мало кто когда-либо задумывался, что единственный путь в долгосрочной перспективе, для благосостояния рабочего класса в целом, создать больше богатства, и единственный способ создать больше богатства — это повысить производительность труда, или, если использовать слово, которым часто злоупотребляют, повысить эффективность труда, что с одной стороны означает сотрудничество, а с другой — внедрение методов сокращения трудовых затрат.

И именно здесь к работе подключается Американское Сварочное Общество, поскольку одной из его основных функций является расширение области применения сварки, которая является одним из наилучших процессов сокращения трудовых затрат в последние несколько десятилетий. Его предшественник, Комитет по сварке Корпорации оперативного флота, был во многом вдохновлен духом сотрудничества, и у создателей Общества есть надежда, что этот дух будет продолжать распространяться.

Область дальнейшего применения сварки огромна, но это дальнейшее применение затягивается отсутствием полных знаний о технике сварки и крайне запутанными и, во многих случаях, диаметрально противоположными требованиями конкуренции интересов. Эти препятствия должны быть устранены, и они могут быть устранены путем успешного проведения исследовательской работы и развития духа сотрудничества, который позволит откровенно и открыто обсудить достоинства различных процессов, и достичь разумного соглашения в отношении этих достоинств.

Если вы были бы потенциальным пользователем сварки и сомневались в том, использовать ли метод газовой или электрической сварки или ни один из них, считаете ли вы, что ваша уверенность в любом из этих процессов выросла бы, если бы сторонники одного из них утверждали, что это единственный безопасный и экономичный метод? Насколько больше уверенности у вас, несомненно, было бы, если бы сторонник каждого из них сказал вам, что в той или иной области предпочтительнее другой способ сварки.

Я не призываю к выполнению невозможного, а скорее пытаюсь определить принципы здравого смысла, уже признанные успешными во многих сферах бизнеса, применение которых обязательно должно дать наилучшие результаты для всех заинтересованных сторон. В этом заключается наша работа, давайте подходить к ней с уверенностью, энергией и энтузиазмом, и давайте помнить, что ее успешное завершение будет не только много значить для сварочной промышленности, но и увеличит среднюю производительность труда, и, следовательно, в какой-то степени, поможет решить самую большую проблему этого очень критического периода мировой истории.

СТРАТЕГИЯ ООО «ТМ.ВЕЛТЕК» НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ

ООО «ТМ.ВЕЛТЕК» производит порошковые проволоки для сварки, наплавки и электродуговой металлизации. За 26 лет существования предприятие заняло лидирующие позиции среди аналогичных производств Украины и стран СНГ.

Одним из основных направлений развития предприятия является расширение экспорта продукции ВЕЛТЕК®, в частности, в страны Евросоюза. Высокие требования к качеству продукции и насыщенность рынка Европы обусловили необходимость выполнения комплекса работ для успешной конкуренции. Они включают:

- ▶ закупку и модернизацию оборудования для совершенствования производства и упаковки продукции на уровне лучших мировых образцов;

- ▶ организацию подготовки специалистов непосредственно на предприятии, что важно в условиях дефицита квалифицированных кадров на рынке труда Украины;

- ▶ разработку и подготовку реализации проволоки, востребованных на современном рынке сварочных материалов;

Документальное подтверждение авторитетными органами по сертификации стабильно высокого качества продукции и задекларированных характеристик.

В рамках отмеченной стратегии компания на протяжении последних нескольких лет закупила в Италии и ввела в эксплуатацию станки по рядной намотке проволоки на кассеты и в большегрузные бочки (100...250 кг). С использованием специальной оснастки (Eurolls, Италия) изготовлен совмкратный стан для производства и перетяжки проволоки до диаметра 1,0...1,2 мм. Усовершенствована технология производства и поэтапного контроля порошковой проволоки, особенно малых диаметров (1,0; 1,2 и 1,4 мм).

Трудовой коллектив предприятия пополнился группой молодых специалистов, окончивших и заканчивающих высшие учебные заведения. Обучение и повышение квалификации происходит не только в условиях предприятия, но и при участии в профессиональных выставках, конференциях и семинарах (Украина, Беларусь, Словакия, Германия, Румыния).

Важную роль в работе предприятия играет научно-технический отдел. Непрерывный мониторинг и анализ тенденций на рынке сварочных материалов показал, что сегодня на рынке особо востребованы металлпорошковые сварочные проволоки. В ООО «ТМ.ВЕЛТЕК» разработана и прошла масштабные испытания металлпорошковая проволока марки ТМВ-МК5, предназначенная для сварки малоуглеродистых и низколегированных сталей в среде смеси защитных газов (80 % Ar и 20 % CO₂). Проволока характеризуется высокой производительностью наплавки. Основные диаметры проволоки — 1,0; 1,2; 1,6 мм. При сварке этой проволокой образуется малое количество сварочного аэрозоля, наблюдается незначительное набрызгивание, обеспечивается благоприятное формирование наплавляемого металла. Количество легкоудаляемого шлака сопоставимо с образующимся при сварке сплошной проволокой. Наплавленный металл обеспечивает высокий уровень механических характеристик. Для наплавки преимущественно рабочих поверхностей почвообрабатывающей техники разработана самозащитная порошковая проволока марки ВЕЛТЕК-Н634. Основной выпускаемый диаметр — 1,2 мм. Наплавленный металл характеризуется твердостью HRC 60...64, имеет исключительно высокую сопротивляемость абразивному износу в работе с грунтом и минералами. Проволока получила положительную оценку и планируется к продаже в 2020 г. в Словакию.

Еще одна новая марка самозащитной наплавочной порошковой проволоки (ВЕЛТЕК-Н650) прошла успешные испытания в Румынии и готовится к продаже. Проволока выпускается диаметром 1,6 мм. Наплавленный металл имеет твердость HRC 62...66, обеспечивает высокую стойкость в условиях абразивного, газо- и гидроабразивного изнашивания с пониженной ударной нагрузкой.

Высокие эксплуатационные показатели наплавленного металла продемонстрировала при широких испытаниях порошковая проволока марки ВЕЛТЕК-Н351. Основное назначение ее: наплавка и ремонт дефектных участков железнодорожных путей (стыков рельсовых окончаний, пробуксовин, остряков и др.), трамвайных рельсов. Проволока изготавливается в основном диаметром 1,6 мм, может использоваться как самозащитная, так и с дополнительной защитой дуги флюсом или газами.

Предприятие ООО «ТМ.ВЕЛТЕК» организовало систематическую работу по подготовке, внедрению и поддержанию на предприятии системы менеджмента качества. Внедрение системы менеджмента качества позволило выявить узкие места в производстве, неэффективные моменты и оптимизировать технологию производства, создать эффективную документированную систему контроля процесса производства, которое обеспечивает прослеживаемость и прогнозируемость качества выпускаемой продукции. Это повысило ответственность, технологическую дисциплину и прозрачность работы персонала. Система менеджмента качества производства ООО «ТМ.ВЕЛТЕК» соответствует ISO 9001 версии 2015 г. и сертифицирована Центром DVS Zert (Германия). Предприятие получило право маркировать проволоки ВЕЛТЕК® знаком CE после соответствующих квалификационных испытаний и аудита производства TÜF Rheinland (Германия). Сварочные проволоки ВЕЛТЕК® прошли испытания и имеют сертификат соответствия СЕПРОЗ НАН Украины.



А.А. Голякевич

Рождение и становление электрошлаковой сварки

История создания и развития электрошлаковой сварки (ЭШС) описана в работах самих изобретателей и других сотрудников ИЭС им. Е.О. Патона, а также проанализирована в отдельных исторических исследованиях.

В 1960 г. Д. Томас, президент фирмы «Аркос», написал статью, в которой ознакомил читателей «Welding Journal» с принципами ЭШС, техникой сварки, металлургическими особенностями и экономическими показателями. В разделе «История» он отметил, что идея сварки вертикальных швов и их формирования с помощью графитовых неплавящихся ползунов принадлежит российскому инженеру Н.Н. Бенардосу, а принципиально новый процесс с такой схемой создан в ИЭС им. Е.О. Патона в Киеве и первоначально назван в литературе «процессом вертикальной сварки».

Цель настоящей публикации — показать организационные условия и как в процессе выполнения задач по применению автоматической сварки под флюсом для ремонтно-восстановительных работ в Институте электросварки под руководством Е.О. Патона элементы одной из инновационных технологий легли в основу ЭШС.

Военные действия на территории СССР нанесли огромный ущерб народному хозяйству.

В 1941–1944 гг. было разрушено 1710 городов и поселков городского типа, свыше 70 тыс. сел и деревень, взорвано и выведено из строя 31850 заводов и фабрик, 1135 шахт, 65 тыс. км железнодорожных путей, было разорено свыше 100 тыс. колхозов, совхозов и машинотракторных станций, посевные площади сократились на 36,8 млн га, т. е. на четверть. Урон, причиненный Советскому Союзу, превышал потери в период второй мировой войны всех других европейских государств вместе взятых.

Еще в 1943 г. руководство СССР приняло постановление «О неотложных мерах по восстановлению хозяйства в районах, освобожденных от немецкой оккупации». А в конце мая 1945 г. Государственный комитет обороны постановил перевести часть оборонных предприятий на выпуск товаров для населения. Государственный бюджет на 1945 и 1946 гг. предусматривал сокращение военных расходов, резкое увеличение ассигнований на развитие народного хозяйства, на социально-культурное строительство. Был принят закон о демобилизации и к концу 1947 г. было демобилизовано 8,5 млн человек. Производство военной продукции сократили на 40 млрд руб., по сравнению с 1944 г., а производство гражданской продукции увеличили с 3,8 млрд руб. в 1944 г. до 12,8 млрд руб. в 1946 г.

В то время, когда основные ресурсы СССР были направлены на восстановление экономики, в США приступили к производству вооружения, энергетического оборудования, машин нового поколения. В частности, для сверхзвуковой авиации планировалось штамповать целиком крылья и элементы фюзеляжа из титановых сплавов. И чтобы изготовить мощные огромные прессы, строили огромные металлургические заводы. Руководство СССР обратилось к Е.О. Патону с просьбой оказать помощь в сооружении мощнейших мартеновских печей, прокатных станов, кузнечно-прессового оборудования. Неожиданно академик предложил не строительство новых мощных литейных и других цехов, а изготавливать прессы и другую технику неограниченной мощности из уже имеющихся заготовок.

Этому смелому отказу и немыслимому предложению предшествовали упорные целенаправленные исследования по конверсии военных технологий автоматической дуговой сварки под флюсом и, как многие полагают, случайное изобретение нового вида соединений металлов — ЭШС.

В мае 1944 г. ИЭС возвратился в Киев. До конца года были модернизированы сварочные головки и автоматическая сварка под флюсом была успешно внедрена на двенадцати крупных предприятиях, в том числе на Киевском заводе «Ленинская кузница», Днепропетровском заводе металлоконструкций им. В.М. Молотова и др.

Автоматическая дуговая сварка была возможна только в нижнем положении, а швы на домнах, мостах, резервуарах, зданиях реально располагаются во всех пространственных положениях. Необходимо было создать оборудование и технологию автоматической сварки швов, располагающихся на вертикальных и наклонных плоскостях. Решать проблему сварки вертикальных швов Е.О. Патон поручил Г.З. Волошкевичу.

Спустя 35 лет ветераны ИЭС вспоминали: «Ежедневный обход директор ИЭС начинал с рабочего места Волошкевича. Подолгу обсуждали различные варианты и идеи. Нужно было решить фантастические проблемы. Автомат не мог вести вертикальный шов — расплавленный металл просто стекал бы вниз. К Волошкевичу Евгений Оскарович приходил и второй раз в день — в 17.30... Но на чертежной доске вверх карабкались смешные фигурки, а не автомат для скоростной сварки... После длительных поисков Волошкевич и предложил Евгению Оскаровичу попробовать способ, который позже будет назван принудительным формированием сварочной ванны:

- С двух сторон зазор между свариваемыми торцами нужно прикрыть медными ползунами и накладками. В результате получится что-то вроде колодца, и...



Патон Б.Е. и Волошкевич Г.З. у нового аппарата электрошлаковой сварки

- Погодите, — спросил Патон, — из какого же материала накладки?

- Из меди.

- Но ведь у меди температура плавления ниже, чем у стали? Ваши накладки потекут раньше, чем дуга расплавит для сварки сталь.

Волошкевич предложил охлаждать накладки (их теперь называют также башмаками) и этим предохранил медь от расплавления.

Эксперименты показали — шлак на охлаждаемых водой ползунах застывал и эта корочка предохраняла жидкий металл от вытекания и приваривания к меди. Ползун скользил и обеспечивал хорошее формирование шва. Впервые в мире, в 1948 г. на заводе «Запорожсталь», Г.З. Волошкевичем были сварены автоматом в монтажных условиях четыре пояса строящейся доменной печи. Со

следующего года началось массовое применение вертикальной сварки. Трудоемкость сборочно-сварочных операций снизилась в несколько раз.

Однако не все было так просто — возникли непредвиденные трудности. При соединении стыков толщиной более двух десятков миллиметров, при глубокой шлаковой ванне, перегреве ванны и некоторых других невыясненных условиях, дуговой процесс становился неустойчивым и даже прекращался. В ходе борьбы за устойчивость дуги обнаружилось, что ... можно обойтись и без нее! Иногда электродный металл, флюс и кромки плавилась, хотя осциллограммы свидетельствовали, что дуга погасла. Волошкевич занялся этими случайностями, и, как часто бывает в изобретательской практике, случайность превратил в закономерность. Оказалось, что при некоторых условиях плавление проходит за счет «джоулевого» тепла, выделяющегося при прохождении тока через жидкий шлак. К решению проблем управления этим процессом приступил заведующий электротехническим отделом Б.Е. Патон.

В 1949 г. Г.З. Волошкевич и Б.Е. Патон добились высокой стабильности процесса при сварке за один проход соединений значительной толщины. Б.Е. Патон нашел возможность саморегулирования, разработал соответствующее оборудование и развернул системные исследования физических и металлургических особенностей нового вида сварки. Он сосредоточил силы нескольких отделов ИЭС на решении и совершенствовании наиболее важных проблем ЭШС. Кроме ЭШС сталей различного назначения были разработаны технологии и флюсы для изготовления толстостенных ответственных конструкций из алюминия, титана, меди и их сплавов. Были разработаны специальные флюсы, источники питания и аппараты управления, методы снижения напряжений и деформаций. Уже к 1956 г. объема выполненных исследований и разработок было достаточно для издания под редакцией Б.Е. Патона первой в мире монографии «Электрошлаковая сварка». В истории техники неизвестно подобных темпов развития каких-либо других видов сварки.

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

И тем не менее наибольшим нашим изобретением, которым гордится институт, и должна гордиться страна, является ЭШС. Этот принципиально новый вид сварки может быть занесен в книгу технических рекордов, так как он выполняет соединения металлов практически неограниченной толщины ... за один проход. Как и всякие сложные технологии, ЭШС до сих пор продолжает развиваться, но первые изобретения и применение этой сварки были сделаны еще при жизни Евгения Оскаровича. Следует вспомнить, что это был период холодной войны, период очень ограниченной информации и влияния зарубежных достижений. И когда Н.С. Хрущев начал налаживать контакты, коллеги в США, узнав о награждении нас Ленинской премией, комментировали коротко: «Этого не может быть». Вскоре во многих странах были получены патенты, ряд фирм купили лицензии. В 1958 г. это изобретение было отмечено Гран-При на Всемирной выставке в Брюсселе, а наши специалисты внедряли ЭШС в Японии, Китае, ФРГ и др. странах. Технология эта открыла возможности изготовления ответственных конструкций атомной энергетики, мощных прессов, статоров и роторов турбин, кораблей нового поколения и изделий других отраслей, причем как из стали, так и из алюминиевых, титановых и прочих сплавов. А процесс электрошлакового переплава стал основой для новой

отрасли металлургии, защищены сотнями авторских свидетельств и зарубежных патентов на изобретения. И этим всемирным признанием может гордиться страна».

Действительно, ЭШС коренным образом изменила стратегию развития тяжелого, энергетического и транспортного машиностроения. Она была внедрена на сотнях заводов многих отраслей промышленности. А когда было опубликовано сообщение о награждении Г.З. Волошкевича, Б.Е. Патона, И.Г. Гузенко, И.Д. Давиденко и В.Г. Радченко Ленинской премией «За создание и внедрение в тяжелое машиностроение электрошлаковой сварки», в зарубежных журналах появились комментарии: «Такого не может быть! Это блеф и пропаганда!».

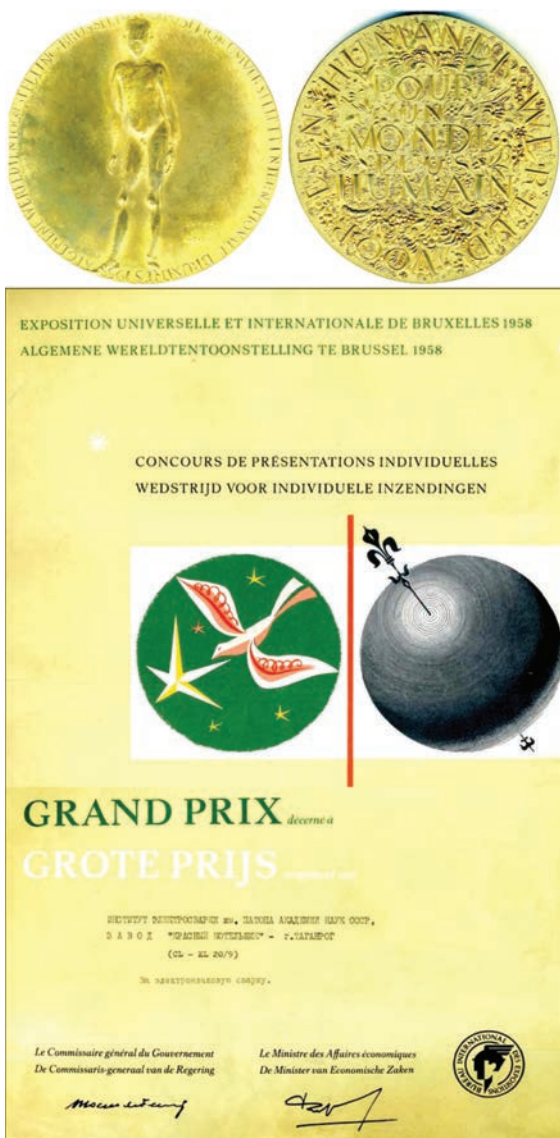
В становление, развитие и широкое внедрение ЭШС творческий вклад внесли сотрудники лаборатории самого Г.З. Волошкевича: И.И. Сущук-Слюсаренко, В.М. Хрундже, И.И. Лычко, С.М. Козулин и др. В создании научных основ участвовали также сотрудники других отделов и лабораторий ИЭС (Ю.А. Стеренбоген, Ю.Н. Готальский, А.М. Макара, В.И. Новиков, Д.А. Дудко, В.К. Лебедев, М.Н. Сидоренко), разработкой специальных аппаратов занимались опытные конструкторы (П.И. Севбо, В.Е. Патон, М.Д. Литвинчук, Р.И. Лашкевич). Кроме ЭШС сталей различного назначения были разработаны технологии и флюсы для изготовления толстолистовых ответственных конструкций из других металлов и их сплавов: алюминия (Д.М. Рабкин, А.Н. Сафонников, А.Г. Синчук), титана (С.М. Гуревич, Я.Ю. Компан), меди (И.И. Лычко, В.М. Илюшенко, А.П. Алексеенко).

К освоению технологий и совершенствованию нового вида сварки подключились специалисты ряда заводов, где патоновцы начали внедрять ЭШС: Таганрогского завода «Красный котельщик» (ТКЗ), Барнаульского котельного завода, Новокраматорского машиностроительного завода им. И.В. Сталина (НКМЗ), Ленинградского металлического завода и др.

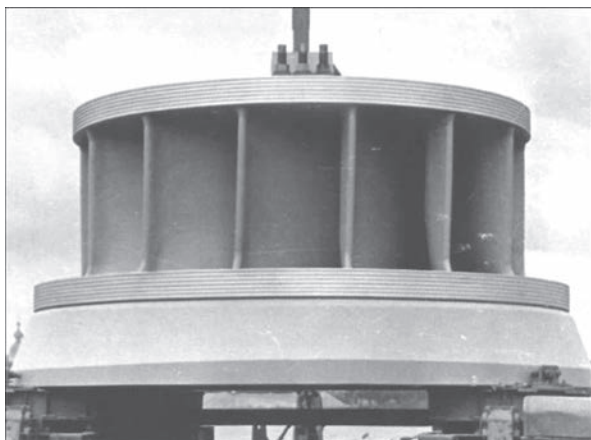
В 1954–1955 гг. были разработаны оборудование и технологии: многоэлектродной сварки и сварки пластинчатым мундштуком швов больших сечений (до 1000 мм), техника замыкания кольцевых швов и др.; в 1956–1957 гг. создана технология плавящимся мундштуком. Из толстолистовых элементов с применением ЭШС на НКМЗ изготавливали ковочно-штамповочные прессы усилием 40 МН, станы прокатных станов со сварным сечением до 900×900 мм; оборудование для металлургических заводов, статоры и валы гидрогенераторов и гидротурбин для ГЭС. На Ижорском заводе им. А.А. Жданова (Ленинград, сегодня С.-Петербург) по технологии, разработанной в содружестве со специалистами ИЭС и ЦНИИ технологии машиностроения (Москва), была изготовлена сварно-кованая заготовка ротора турбогенератора мощностью 1000 МВт. На Уральском заводе тяжелого машиностроения им. С. Орджоникидзе (Свердловск, сегодня Екатеринбург) была освоена ЭШС шагающих экскаваторов, дробилок, прессов.

Неудачи подстерегли создателей нового вида соединения на пути официальной регистрации, патентования и продажи лицензий. В 1951 г. Г.З. Волошкевич подал первую основополагающую заявку на авторское свидетельство СССР на ЭШС. (Без получения такого свидетельства запрещалось патентование за рубежом). В течение пяти лет в ВНИИГПЭ пытались разобраться в сути нового вида сварки и только в сентябре 1956 г. было опубликовано решение о выдаче приоритетного документа — авторского свидетельства СССР.

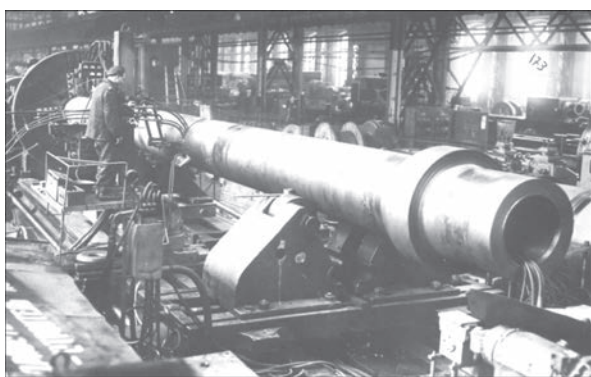
Однако еще ранее из Москвы поступило указание, в соответствии с правилами СЭВ, передать Чехословакии безвозмездно документацию по ЭШС. В июне в Киеве побывал директор Института сварочных машин и технологий Й. Чабелка и другие специалисты, ознакомившиеся с секретами ЭШС. ИЭС им. Е.О. Патона подарил Чехословакии



В 1958 г. на Всемирной выставке в Брюсселе новый вид соединения был удостоен высшей награды — Гран-При



Сварно-кованая заготовка ротора турбогенератора мощностью 1000 МВт, изготовленная на Ижорском заводе (С.-Петербург, РФ)



Вал судового двигателя, сваренный на Заводе имени Ильича (г. Мариуполь)

ных гидравлических прессов в Германии и Японии и т. д. В Японии ЭШС была впервые применена на строительстве доменной печи Кимицуского металлургического завода (фирма «Син-нихон сэйтэцу К^о, Лтд»). В судостроении широко использовали советские сварочные аппараты типа А-820М. Японской фирмой «Ничимен» были приобретены сварочные аппараты А-1304 и А-550У с трансформаторами ТШС-3000/3 и ТШС-10000/1. Аппараты смонтированы на одном из предприятий фирмы «Сумитомо кемикл К^о» и использовались для изготовления алюминиевой ошеровки электролизных ванн.

Во многих случаях ЭШС стала завершающей операцией по изготовлению мощных машин и высоконагруженных конструкций — изделию любой формы практически неограниченных размеров и массы из отлитых, кованных и прокатанных заготовок сравнительно небольшой массы. Возник новый класс сварных конструкций — сварно-литые, сварно-кованные, сварно-прокатные.

В ИЭС им. Е.О. Патона с участием других организаций продолжали совершенствовать ЭШС, расширяя область применения, улучшая качество соединений и оборудования. Так, в 1968 г. Б.Е. Патон и Б.И. Медовар разработали новый метод ЭШС с бифилярным подключением к источнику питания электродов большого сечения.

Одновременно с развитием сварочной технологии разрабатывалась электрошлаковая наплавка, в том числе: в нижнем положении, в вертикальном положении с использованием формирующих ползунов, стыкошлаковая наплавка и др.

Б.Е. Патон первым увидел, что в электрошлаковом процессе можно получить металлы особо высокого качества. В 1952 г. в ИЭС был получен первый слиток небольшого размера, при плавлении расходуемого электрода в шлаковой ванне, нагреваемой проходящим через нее электрическим током. Одновременно с развитием ЭШС в ИЭС началось изучение путей применения сварочной металлургии или сварочной физико-химии, сварочной техники, при получении слитков для прокатки иковки. Электрошлаковый переплав решил еще одну чрезвычайно важную задачу технического прогресса — производство высококачественного металла, в первую очередь стали.

аппарат А-372р, помог изготовить еще один аппарат и освоить технологию ЭШС. Без ведома ИЭС чехословацкие товарищи продали технологию и аппарат Бельгийской фирме. В 1956 г. ИЭС также подарил аппарат и техническую документацию Центральному институту сварки в Галле, который приступил к внедрению ЭШС на предприятиях ГДР.

Итоги становления и развития ЭШС за десять лет подвел Б.Е. Патон в программном докладе на конгрессе МИС в 1960 г. (Бельгия). В докладе подробно рассматривались технология сварки, металлургические особенности электрошлакового процесса при соединении всех типов сталей, в том числе нержавеющих, проводились многочисленные примеры использования сварки в тяжелом энергетическом машиностроении, судостроении и др. отраслях СССР. Б.Е. Патон отмечал: «Электрошлаковая сварка нашла применение более чем на 50-ти заводах в КНР, ГДР и Чехословакии, а также к этому времени ее применение расширяется в Швеции и ФРГ. Первые шаги по использованию новой технологии делают фирмы США, Великобритании и Франции» [17]. 17–21 апреля 1961 г. в Нью-Йорке состоялась 42-я ежегодная конференция Американского сварочного общества, на которой с большим докладом выступил Б.Е. Патон. Он остановился на научных основах, энергетических характеристиках, технике ЭШС, оборудовании и областях применения.

К 1960 г. ЭШС использовали в нескольких точно-европейских странах, для изготовления конструкций дока в Антверпене, цементных печей в Бельгии, сосудов высокого давления во Франции и Англии, котлов паровых турбин в Шотландии, мощ-

А.Н. Корниенко, Н.А. Макаренко

Передплата – 2020 на журнал «Автоматичне зварювання»

www.patonpublishinghouse.com/rus/journals/as

Передплатний індекс 70031

(з 1948 по 2019 рр. журнал видавався під назвою «Автоматическая сварка»)

Україна		Зарубіжні країни	
на півріччя	на рік	на півріччя	на рік
990 грн.	1980 грн.	90 дол. США	180 дол. США

У вартість передплати включена доставка рекомендованою бандероллю.

Передплату на журнал «Автоматичне зварювання» можна оформити безпосередньо через редакцію або по каталогам підписних агентств: ДП «Преса», «Пресцентр», «Меркурій» (Україна); каталог АТ «Казпочта» видання України (Казахстан); каталог зарубіжних видань «Белпочта» (Білорусь).



Передплата – 2020 на журнал «The Paton Welding Journal»

www.patonpublishinghouse.com/eng/journals/tpwj

Передплатний індекс 21971

Україна		Зарубіжні країни	
на півріччя	на рік	на півріччя	на рік
2400 грн.	4800 грн.	192 дол. США	384 дол. США

У вартість передплати включена доставка рекомендованою бандероллю.

Журнал «Автоматичне зварювання» у повному обсязі перевидается англійською мовою під назвою «The Paton Welding Journal».

Журнали поширюються по редакційній підписці (тел. /факс: +38 (044) 200-82-77, E-mail: journal@paton.kiev.ua).



**Правила для авторів, ліцензійні угоди, архівні випуски журналів
на сайті видавництва www.patonpublishinghouse.com.**

У 2019 р. у відкритому доступі випуски журналів з 2009 по 2017 рр. в форматі *.pdf.

Реклама в журналах «Автоматичне зварювання» та «The Paton Welding Journal»

Реклама публікується на обкладинках і внутрішніх вклейках наступних розмірів

- ♦ Перша сторінка обкладинки, 200×200 мм
- ♦ Друга, третя та четверта сторінки обкладинки, 200×290 мм
- ♦ Перша, друга, третя, четверта сторінки внутрішньої обкладинки, 200×290 мм
- ♦ Вклейка А4, 200×290 мм
- ♦ Розворот А3, 400×290 мм
- ♦ А5, 165×130 мм

Вартість реклами

- ♦ Ціна договірною
- ♦ Передбачена система знижок
- ♦ Вартість публікації статті на правах реклами становить половину вартості рекламної площі
- ♦ Публікується тільки профільна реклама (зварювання та споріднені технології)
- ♦ Відповідальність за зміст рекламних матеріалів несе рекламодавець

Підписано до друку 02.10.2019. Формат 60 × 84/8. Офсетний друк.
Ум. друк. арк. 9,77. Обл.-вид. арк. 10,75.

Друк ТОВ «ДІА».

03022, м. Київ-22, вул. Васильківська, 45..