

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,
д.т.н. Г. М. Григоренко,
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

Ученые университетов Украины
д.т.н. В. В. Дмитрик, НТУ «ХПИ», Харьков,
д.т.н. В. В. Квасниций,
НТУУ «КПИ им. Игоря Сикорского», Киев,
д.т.н. В. Д. Кузнецов,
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. Н. П. Алешин
МГТУ им. Н. Э. Баумана, Москва, РФ
д.т.н. Гуань Цяо
Ин-т авиационных технологий, Пекин, Китай
д.т.н. А. С. Зубченко
ОКБ «Гидропресс», Подольск, РФ
д.х.н. М. Зиниград
Ун-т Ариэля, Израиль
д.т.н. В. И. Лысак
Волгоградский гос. техн. ун-т, РФ
д-р инж. У. Райсген
Ин-т сварки и соединений, Аахен, Германия
д.т.н. Я. Пилярчик
Ин-т сварки, Гливице, Польша
д.т.н. Г. А. Туричин
С.-Петербургский гос. политехн. ун-т, РФ

Т. В. Юштина (отв. секр.)

Адрес редакции
ИЭС им. Е. О. Патона НАНУ
03680, Украина, Киев-150,
ул. Казимира Малевича, 11
Тел.: (38044) 200 6302, 200 8277
Факс: (38044) 200 5484, 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.org/10.15407/as
Подписной индекс 70031

Рекомендовано к печати Ученым советом
ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины

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

Издается ежемесячно

СОДЕРЖАНИЕ

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

- Демченко В. Ф., Бои У., Кривцун И. В., Шуба И. В. Действующие значения электродинамических характеристик процесса сварки неплавящимся электродом с импульсной модуляцией тока дуги 3
- Максимова С. В., Воронов В. В., Ковальчук П. В. Припой без бора и кремния для пайки жаропрочного никелевого сплава 15
- Гайворонский А. А., Позняков В. Д., Маркашова Л. И., Шишкевич А. С., Ящук В. А., Клапатюк А. В. Повышение сопротивляемости хрупкому разрушению металла зоны термического влияния при наплавке железнодорожных колес 22
- Борисов Ю. С., Кузнецов М. В., Ткаченко Б. Т., Волос А. В., Задоя В. Г., Капитанчук Л. М., Гудыменко А. И., Горбань В. Ф. Исследование процесса получения структуры и свойств магнетронных нанослойных FeAl-покрытий 29

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ РАЗДЕЛ

- Лобанов Л. М., Пащин Н. А. Разработка технологии и оборудования для снижения остаточных напряжений и правки сварных конструкций с использованием электродинамической обработки 37
- Качинский В. С., Кучук-Яценко С. И. Формирование соединений при сварке толстостенных труб из высокопрочных сталей дугой, управляемой магнитным полем 47
- Рябцев И. А., Бабинец А. А., Коржик В. Н., Ситко А. И., Чжан Юйпэн. Оборудование и технология антикоррозионной электрошлаковой наплавки двумя лентами 55
- Троицкий В. А., Михайлов С. Р., Пастовенский Р. О. Современные достижения в радиационном контроле (Обзор) 61

ХРОНИКА

- Международная конференция «Роботизация и автоматизация сварочных процессов» 69
- Встреча в ИЭС с руководством Украинско-Арабского Делового Совета 71

Автоматичне Зварювання

Виходить 12 разів на рік з 1948 р.

Avtomaticheskaya Svarka (Automatic Welding)

Published since 1948 12 times a year

Головний редактор **Б. Є. Патон**

ЗМІСТ

НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

- Демченко В. Ф., Бої У., Кривцун І. В., Шуба І. В.*
Діючі значення електродинамічних характеристик процесу зварювання неплавким електродом з імпульсною модуляцією струму дуги 3
- Максимова С. В., Воронов В. В., Ковальчук П. В.*
Припій без бору і кремнію для пайки жароміцного нікелевого сплаву 15
- Гайворонський О. А., Позняков В. Д., Маркашова Л. І., Шишкевич А. С., Ящук В. А., Клапатюк А. В.*
Підвищення опору крихкому руйнуванню металу зони термічного впливу при наплавленні залізничних коліс 22
- Борисов Ю. С., Кузнєцов М. В., Ткаченко Б. Т., Волос О. В., Задоя В. Г., Капітанчук Л. М., Гудименко О. І., Горбань В. Ф.*
Дослідження процесу отримання структури і властивостей магнетронних нанослойних FeAl-покриттів 29

ВИРОБНИЧИЙ РОЗДІЛ

- Лобанов Л. М., Пащин М. О.*
Розробка технології та обладнання для зниження залишкових напружень та виправлення зварних конструкцій з використанням електродинамічної обробки 37
- Качинський В. С., Кучук-Яценко С. І.*
Формування з'єднань при зварюванні товстостінних труб з високоміцних сталей дугою, керованою магнітним полем 47
- Рябцев І. О., Бабінець А. А., Коржик В. М., Сітко О. І., Чжан Юйпен.*
Устаткування і технологія антикорозійного електрошлакового наплавлення двома стрічками 55
- Троїцький В. О., Михайлов С. Р., Пастовенський Р. О.*
Сучасні досягнення в радіаційному контролі (Огляд) 61

ХРОНІКА

- Міжнародна конференція «Роботизація та автоматизація зварювальних процесів» 69
- Зустріч в ІЕЗ з керівництвом Українсько-Арабської Ділової Ради 71

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

Адреса редакції

03680, Україна, м. Київ-150, вул.Казимира Малевича, 11
ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАН України
Тел./Факс: (044) 200-82-77, 200-63-02
E-mail: journal@paton.kiev.ua
www.patonpublishinghouse.com

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

CONTENTS

SCIENTIFIC AND TECHNICAL

- Demchenko V.F., Boi U., Krivtsun I. V., Shuba I. V.*
Effective values of electrodynamic characteristics of the process of nonconsumable electrode welding with pulse modulation of arc current 3
- Maksymova S. V., Voronov V. V., Kovalchuk P. V.*
Brazing alloy without boron and silicon for brazing of heat-resistant nickel alloys 15
- Haivoronskyi O. A., Poznyakov V. D., Markashova L. I., Shishkevich A. S., Yashchuk V. A. and Klapatyuk A. V.*
Increase of brittle fracture resistance of metal of heat-affected zone in railway wheel surfacing 22
- Borisov Yu. S., Kuznetsov M. V., Tkachenko B. T., Volos A. V., Zadoya V. G., Kapitanchuk L. M., Gudymenko A. I., Gorban V. F.*
Investigation of process of formation of structure and properties of magnetron nanolayer FeAl-coatings 29

INDUSTRIAL

- Lobanov L. M., Pashchin N. A.*
Development of technology and equipment for reduction of residual stresses and straightening of welded structures with the use of electrodynamic treatment 37
- Kachinskii V. S., Kuchuk-Yatsenko S. I.*
Joint formation in magnetically-impelled arc butt welding of thick-walled pipes from high-strength steels 47
- Ryabtsev I. A., Babinets A. A., Korzhik V. N., Sitko A. I., Zhan Yuipeng.*
Equipment and technology of anti-corrosion electroslag surfacing applying two strips 55
- Troitskiy V. A., Mikhailov S. R. and Pastovenskiy R. O.*
Current achievements in radiation testing (Review) 61

NEWS

- International Conference «Robotization and Automation of Welding Processes» 69
- Meeting with management of Ukrainian-Arab Business Council at PWI 71

«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., 03680, Kyiv, Ukraine
Tel./Fax: (38044) 200-82-77, 200-63-02
E-mail: journal@paton.kiev.ua
www.patonpublishinghouse.com

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «РОБОТИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ СВАРОЧНЫХ ПРОЦЕССОВ»

13–14 июня 2017 г. в ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины состоялась уже традиционная ежегодная летняя Международная сварочная конференция. В этом году ее тема была посвящена роботизации и автоматизации сварочных процессов. Организаторами конференции выступили Национальная академия наук Украины, Институт электросварки им. Е. О. Патона, Международная Ассоциация «Сварка». В работе конференции приняли участие свыше 120 специалистов из Украины, Китая и Польши.

Среди участников — ученые и специалисты из ИЭС им. Е. О. Патона, ООО «Фрониус Украина», ООО «Фанук Украина», ООО «Бинцель Украина», Польского института сварки в Гливицах, АО «Мотор Сич», НТУУ «КПИ им. Игоря Сикорского», Гуандунского института сварки (КНР), компании «Вэйхань наука и технология» (КНР) и другие (всего более 40 компаний).

Открыл конференцию зам. директора ИЭС им. Е. О. Патона академик НАН Украины Л. М. Лобанов. После приветствия в адрес участников конференции он в кратком обзоре осветил основные направления тематики докладов.

На конференции было заслушано около 30 докладов в пленарном режиме. Условно по тематике их можно отнести к следующим направлениям:

- тенденции в развитии и применении робототехники;
- пример эффективных решений в автоматизации сварочных процессов;
- средства геометрической адаптации и мониторинг при дуговой роботизированной сварке;
- практический опыт внедрения роботизированных комплексов.

Многие доклады вызвали живой интерес у участников конференции и сопровождались вопросами к докладчикам.

За день до проведения собственно конференции, 13 июня, ее участники (по желанию), смогли посетить компанию ООО «Фрониус Украина» (с. Княжичи, Броварской р-н Киевской области). Группа в количестве около 40 человек была разделена пополам и представители ООО «Фрониус Украина» В. Бондаренко и В. Слюта провели для них ознакомительные экскурсии по территории компании.

Была представлена лаборатория автоматизации и роботизации. Она оснащена сварочными системами для механизированной и автоматической сварки одной и двумя дугами, системами



для орбитальной сварки трубы с трубой и трубы с трубной доской, системой для сварки в различных пространственных положениях, автоматическими системами с магнитным удержанием в нижнем и вертикальном положениях, системой для наплавки на цилиндрические тела. Там же был продемонстрирован процесс МАГ наплавки, процесс СМТ с пульсацией дуги. Участники ознакомились также с лабораторной установкой для



Во время посещения демонстрационного зала ИЭС им. Е. О. Патона группой корреспондентов китайского ИА «Синьхуа». Демонстрация системы технического зрения



Участники конференции перед прогулкой по Днепру



двухдуговой сварки продольных швов большой протяженности.

С 2006 г. в ООО «Фрониус Украина» действует *техническая служба*, которая определяет совместно с заказчиком конфигурацию заказа, обеспечивает обучение технологов-операторов, консультирует и оказывает техническую поддержку. Все это обеспечивает «правильную работу». Техническая служба оснащена специальным оборудованным классом для занятий.

В заключение посетители прослушали презентацию на тему «Примеры эффективных решений автоматизации сварочных (наплавочных) процессов, включающей: сварку продольных швов FLW, процесс сварки TIME (2 дуги) консольных колонн, СМТ наплавку горно-шахтного оборудования (однослойная наплавка с долей участия основного металла в наплавленном ≤ 6 мас. %), на-

плавку внутренних поверхностей труб длиной 6 и 9 м, наплавку СМТ опорных подшипников, работу систем орбитальной сварки открытого и закрытого типа.

Ознакомление с разработками компании «Фрониус» вызвало живой интерес у посетителей.

Во время конференции ее участники могли посетить демонстрационный зал ИЭС им. Е. О. Патона, в котором был представлен сварочный робототехнический комплекс на базе робота Фанук и сварочных систем Фрониус. Комплекс оснащен системой технического зрения, разработанной в ИЭС им. Е. О. Патона коллективом под руководством канд. техн. наук Е. В. Шаповалова. В сварочном робототехническом комплексе использовалась проволока «ХОРДА» из упаковки «Дижка Пак», любезно предоставленной компанией «Витаполис» (г. Боярка, Киевская обл.).

Труды конференции опубликованы в журнале «Автоматическая сварка», № 5-6, 2017 г. и на английском языке в журнале «The Paton Welding Journal», № 5-6, 2017 г.

Конференция проходила в творческой, дружеской атмосфере и традиционно закончилась вечерней прогулкой на теплоходе «Каштан-5» по Днепру, во время которой участники конференции могли полюбоваться прибрежными ландшафтами с церквями, мостами через Днепр, а также обсудить в неформальной обстановке перспективы сотрудничества и направления работ в области роботизации сварочных процессов.

А. Зельниченко, канд. физ.-мат. наук
В. Липодаев, д-р техн. наук

ВСТРЕЧА В ИЭС С РУКОВОДСТВОМ УКРАИНСКО-АРАБСКОГО ДЕЛОВОГО СОВЕТА

10 июля в ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины состоялись переговоры руководства Украинско-Арабского Делового Совета (УАДС) с руководством и ведущими специалистами ИЭС. В состав делегации УАДС входили: шейх Имад Абу Алруб — президент УАДС; Абдула Аль-Двейк — представитель Катара; О. Березюк — вице-президент УАДС; М. Олиференко — канд. техн. наук, председатель экспертного совета УАДС; М. Стриха — д-р техн. наук, зам. министра МОН Украины; Б. Базилевский — Чрезвычайный и Полномочный Посол Украины; В. Комарнитский — канд. ф.-м. наук, председатель экспертного совета УАДС; С. Окснер — помощник-консультант президента УАДС; Р. Нечай — представитель МИД Украины, В. Фриндак — переводчик.

Зам. директора ИЭС им. Е. О. Патона, академик И. В. Кривцун от имени директора Института академика Б. Е. Патона, ученых и специалистов ИЭС высказал приветствие руководству УАДС, желание ознакомить гостей с тематикой работ Института в рамках первой ознакомительной встречи. Он отметил, что учеными Института подготовлены презентации, которые могут представить интерес для специалистов из арабских стран и, в то же время, позволят получить информацию о деятельности ИЭС.

Далее И. В. Кривцун рассказал об истории создания Института (1934 г.), пути его развития, направлениях деятельности, приоритетах на различ-

ных этапах работы. Было подчеркнуто, что большая часть разработок Института получила практическое применение в народном хозяйстве. Многие из них были проданы по лицензионным соглашениям в различные страны. Диапазон направлений исследований весьма широк — от создания технологий сварки под водой до разработки технологий соединения в космосе, от создания новых функциональных материалов до разработки технологии соединения живых тканей в медицине. Институт постоянно поддерживает активное сотрудничество с зарубежными компаниями и специалистами.

В ответном слове от арабской стороны высказался шейх Имад Абу Алруб. Он поблагодарил украинскую сторону, руководство и специалистов ИЭС, принимающих участие во встрече, за предоставленную возможность ознакомиться с деятельностью широко известного в мире материаловедческого центра, которым является ИЭС им. Е. О. Патона. Он высказал стремление ряда арабских стран к установлению взаимовыгодных деловых контактов с украинскими учеными. По его мнению, наука — это та сфера сотрудничества, которая может развиваться на долгосрочной основе. Созданный Совет (УАДС) позволит концентрировать научно-техническую информацию, получаемую от специалистов из Украины, доносить ее через послов арабских стран до соответствующих



В демонстрационном зале ИЭС

структур в этих странах. Это позволит значительно ускорить организацию сотрудничества.

Выступили также М. Стриха, О. Березюк, Б. Базилевский, В. Комарнитский, М. Олиференко. Были отмечены такие особенности. Сегодня страны арабского мира мало информированы об Украине. Они заинтересованы в эффективном использовании имеющихся у них средств. Их задача как можно полнее ознакомиться с достижениями Украины, аккумулировать сведения об успехах в науке, экономике, частном секторе. Они заинтересованы привлечь в экспертный совет УАДС специалистов из Украины, в частности, из ИЭС. Сегодня налаживаются связи также с Харьковским ГТУ, Ивано-Франковским университетом и другими организациями.

После изучения предложений от Украины намечено создать рабочие группы по каждому направлению. Главное в работе — получение практического результата.

Было отмечено, что сегодня в Украине организовывается арабский банк. Это позволит обеспечить своевременное финансирование работ, повысить доверие сторон и ускорить выполнение программ.

И. В. Кривцун поблагодарил представителей УАДС за представленную информацию, подтвердил как важную составляющую сотрудничества — достижение конкретных результатов. От отметил, что представляемые сегодня презентации — лишь небольшая часть в обширной тематике работ Института. Впереди у нас новые встречи, участие в совместных семинарах и конференциях, нахождение новых тем для сотрудничества.

ИЭС издает три научно-технических и производственных журнала — ежемесячный «Автоматическая сварка» (тематика: сварка и родственные технологии); ежеквартальные «Техническая диагностика и неразрушающий контроль», «Современная электрометаллургия». Знакомство с ними позволит оперативно получать информацию о новейших достижениях украинских ученых в области сварки, металлургии, неразрушающего контроля и родственных технологий.

И. В. Кривцун представил темы презентаций и докладчиков. Среди них:

- сварка и обработка мягких живых тканей (Г. Мариинский, д-р техн. наук, зав. отделом);
- инновационные высокоэффективные способы и технологии контактной сварки труб различного



Выступление шейха Имад Абу Алруба (второй справа) во время обсуждения перспектив сотрудничества

назначения и рельсов (И. Зяхор, канд. техн. наук, зам. зав. отделом);

- автоматизированные способы сварки металлических конструкций под водой (Ю. Максимов, д-р техн. наук, зав. отделом);

- способы и технологии сварки линий подвода технологической электроэнергии к электролизерам на предприятиях по производству первичного алюминия (В. Кузьменко, вед. инж.);

- техническая диагностика и мониторинг состояния сварных конструкций ответственного назначения (А. Недосека, д-р техн. наук, зав. отделом);

- сварка полимерных труб (М. Юрженко, канд. ф.-м. наук, зав. отделом);

- подготовка высококвалифицированных рабочих-сварщиков в соответствии с требованиями европейских и международных стандартов (П. Проценко, директор Международного учебно-аттестационного центра).

Темы презентаций вызвали живой интерес к докладчикам. Специалисты УАДС высказали пожелания передать им в электронном виде краткие резюме по каждой представленной теме.

Затем И. В. Кривцун пригласил участников встречи в демонстрационный зал ИЭС. Там была проведена презентация на тему «Работы в космосе», где посетители ознакомились с экспонатами, ранее используемыми в космосе: оборудование «Вулкан», инструмент для ручной электронно-лучевой сварки «УРИ», инструмент «Универсал», установка «Испаритель», а также экспонаты, отражающие работы Института по созданию разворачивающихся ферменных конструкций в космосе.

Участники встречи высказали слова благодарности за насыщенную и конструктивную программу и намерение активно продвигать украинско-арабское сотрудничество.

В. Н. Липодаев, д-р техн. наук