

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор
Б. Е. Патон

Ученые ИЭС им. Е. О. Патона
С. И. Кучук-Яценко (зам. гл. ред.),
В. Н. Липодаев (зам. гл. ред.),
Ю. С. Борисов, Г. М. Григоренко,
А. Т. Зельниченко, В. В. Кныш,
И. В. Кривцун, Ю. Н. Ланкин,
Л. М. Лобанов,
В. Д. Позняков, И. А. Рябцев,
К. А. Ющенко

Ученые университетов Украины
В. В. Дмитрик, НТУ «ХПИ», Харьков,
В. В. Квасницкий, НТУУ «КПИ», Киев,
В. Д. Кузнецов, НТУУ «КПИ», Киев,
М. М. Студент, ФМИ, Львов

Зарубежные ученые

Н. П. Алешин

МГТУ им. Н. Э. Баумана, Москва, РФ

Гуань Цяо

Ин-т авиационных технологий, Пекин, Китай

А. С. Зубченко

ОКБ «Гидропресс», Подольск, РФ

М. Зиниград

Ун-т Ариэля, Израиль

В. И. Лысак

Волгоградский гос. техн. ун-т, РФ

У. Райсген

Ин-т сварки и соединений, Аахен, Германия

Я. Пилярчик

Ин-т сварки, Гливице, Польша

Г. А. Туричин

С.-Петербургский гос. политехн. ун-т, РФ

Редакторы

Т. В. Юштина (отв. секр.), Н. А. Притула

Электронная верстка

И. Р. Наумова, А. И. Сулима, Д. И. Середа

Адрес редакции

ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины

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 НАН Украины,

МА «Сварка» (издатель)

Свидетельство о государственной

регистрации KB 4788 от 09.01.2001

ISSN 0005-111X

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

- Патон Б. Е., Калеко Д. М., Кедровский С. Н., Коваль Ю. Н., Неганов Л. М., Слепченко В. Н.* Соединение деталей из сплава системы Cu–Al с эффектом памяти формы и конструкционных металлов методом дугоконтактной сварки 3
- Ющенко К. А., Великоиваненко Е. А., Червяков Н. О., Розынка Г. Ф., Пивторак Н. И.* Моделирование методом конечных элементов напряженно-деформированного состояния при испытаниях на свариваемость (PVR-Test) 11
- Ермоленко Д. Ю., Игнатенко А. В., Головки В. В.* Прямое численное моделирование формирования дендритной структуры металла шва с дисперсными тугоплавкими инокулянтами 15
- Позняков В. Д., Жданов С. Л., Завдоев А. В., Максименко А. А., Соломийчук Т. Г.* Свариваемость высокопрочной микролегированной стали S460M 23
- Гусарова И. А., Парко М., Потапов А. М., Фальченко Ю. В., Петрушинец Л. В., Мельниченко Т. В., Федорчук В. Е.* Оценка термостойкости трехслойной сотовой панели, полученной из сплава ЮИПМ-1200 способом диффузионной сварки в вакууме 31
- Цыбульский Г. А.* Математическая модель сварочного контура при роботизированной дуговой сварке плавящимся электродом 36

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ РАЗДЕЛ

- Маринский Г. С., Чернец А. В., Ткаченко В. А., Грабовский Д. А., Подпратов С. Е., Лопаткина Е. Г., Подпратов С. С., Ткаченко С. В., Гичка С. Г.* Стендовые исследования высокочастотной электросварки биологических тканей 41
- Молтасов А. В., Ткач П. Н., Гоголев А. Я., Авдюшкин А. А., Мотрунич С. И.* Оценка статической прочности сварного диска рабочего колеса дымососа 46
- Поднебенная С. К., Бурлака В. В., Гулаков С. В.* К вопросу обеспечения электромагнитной совместимости источников питания машин контактной сварки с электрической сетью 54

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

- Диссертации на соискание ученой степени 59

ХРОНИКА

- 69-я Ежегодная Ассамблея Международного института сварки 61
- 58-я Международная сварочная конференция «Технологии XXI века» и международная сварочная выставка ExpoWELDING-2016 63

EDITORIAL BOARD

Editor-in-Chief
B. E. Paton

Scientists of PWI, Kyiv

S. I. Kuchuk-Yatsenko (vice-chief ed.),
V. N. Lipodaev (vice-chief ed.),
Yu. S. Borisov, G. M. Grigorenko,
A. T. Zelnichenko, V. V. Knysh,
I. V. Krivtsun, Yu. N. Lankin,
L. M. Lobanov,
V. D. Poznyakov, I. A. Ryabtsev,
K. A. Yushchenko

Scientists of Ukrainian Universities

V. V. Dmitrik, NTU «KHP», Kharkov,
V. V. Kvasnitskii, NTUU «KPI», Kyiv,
V. D. Kuznetsov, NTUU «KPI», Kyiv,
M. M. Student, Karpenko PhMI, Lviv

Foreign Scientists

N. P. Alyoshin

N.E. Bauman MSTU, Moscow, Russia

Guan Qiao

Beijing Aeronautical Institute, China

A. S. Zubchenko

OKB«Gidropress», Podolsk, Russia

M. Zinigrad

Ariel University, Israel

V. I. Lysak

Volgograd State Technical University, Russia

Ya. Pilarczyk

Welding Institute, Gliwice, Poland

U. Reisinger

Welding and Joining Institute, Aachen, Germany

G. A. Turichin

St. Petersburg State Polytechn. Univ., Russia

Editors

T. V. Yushtina (exec. sec.), N. A. Pritula
Electron galley

I. R. Naumova, A. I. Sulima, D. I. Sereda

Address of Editorial Board:

11, Kažmira Malevicha str., 03680, Kyiv,
Ukraine

Tel.: (38044) 200 63 02, 200 82 77

Fax (38044) 200 54 84, 200 82 77

E-mail: journal@paton.kiev.ua

www.patonpublishinghouse.com

Founders

National Academy of Sciences of Ukraine,
Paton Welding Institute of the NAS of Ukraine,
IA «Welding» (Publisher)

State Registration Certificate

KV 4788 of 09.01.2001

ISSN 0005-111X

All rights reserved. This publication and
each of the articles contained here in are
protected by copyright.

Permission to reproduce material
contained in this journal must be obtained
in writing from the Publisher

Published monthly

Journal «*Avtomaticheskaya Svarka*»
is published in English under the title
«*The Paton Welding Journal*»
Concerning publication of articles,
subscription and advertising, please,
contact the editorial board.

CONTENTS

SCIENTIFIC AND TECHNICAL

Paton B. E., Kaleko D. M., Kedrovsky S. N., Koval Yu. N., Neganov L. M., Slepchenko V. N. Joining of parts of shape memory alloy of Cu-Al system and structural metals by using the contact arc welding method 3

Yushchenko K. A., Velikoivanenko E. A., Chervyakov N. O., Rozyinka G. F., Pivtorak N. I. Modeling of stress-strain state by the finite-element method at tests on weldability (PVR-test) 11

Ermolenko D. Yu., Ignatenko A. V., Golovko V. V. Direct numerical modeling of dendritic structure formation in weld metal with dispersed refractory inoculants 15

Poznyakov V. D., Zhdanov S. L., Zavadoveev A. V., Maksimenko A. A., Solomijchuk T. G. Weldability of high-strength microalloyed steel S460M 23

Gusarova I. A., Parko M., Potapov A. M., Falchenko Yu. V., Petrushinets L. V., Melnichenko T. V., Fedorchuk V. E. Evaluation of thermal resistance of three-layer honeycomb panel produced of alloy YuIPM-1200 by the method of vacuum diffusion welding 31

Tsybulkin G. A. Mathematical model of welding circuit in robotic arc consumable electrode welding 36

INDUSTRIAL

Marinsky G. S., Chernets A. V., Tkachenko V. A., Grabovsky D. A., Podpryatov S. E., Lopatkina E. G., Podpryatov S. S., Tkachenko S. V., Gichka S. G. Bench investigations of high-frequency electric welding of biological tissues 41

Moltasov A. V., Tkach P. N., Gogolev A. Ya., Avdyushkin A. A., Motrunich S. I. Evaluation of static strength of welded disc of smoke sucker impeller 46

Podnebennaya S. K., Burlaka V. V., Gulakov S. V. On the problem of providing the the magnetic compatibility of power sources of resistance welding machines with electric mains 54

Brief information

Theses for scientific degree 59

NEWS

The 69th Annual Assembly of the International Institute of Welding..... 6

The 58th International Welding Conference «Technologies of the XXI century» and International Welding Fair EXPOWELDING-2016 63

ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ



Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины
Е. О. Патона НАН Украины
А. В. Звягинцева (Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины) защитила 5 октября 2016 г. докторскую диссертацию на тему «Влияние легирования ниобием и молибденом на образование трещин в сварных соединениях стабильно аустенитных сплавов Ni–Cr–Fe».

Диссертация посвящена изучению механизма образования и закономерностей распространения горячих трещин на микроуровне в температурном интервале падения пластичности 600...1000 °С в многослойных швах со стабильноаустенитной структурой. Были исследованы многопроходные сварные соединения, выполненные на сплаве Inconel 690 часто используемой в промышленности сварочной проволокой Inconel 52 системы легирования Ni–Cr–Fe. Для исследований также была выбрана присадочная проволока In 52 MSS системы легирования Ni–Cr–Fe–Nb–Mo.

В работе рассмотрены структурные изменения в условиях сварочного цикла. Исследование механизма образования и распространения трещин в пределах нескольких зерен, приводящего к разрушению материала в результате термосилового воздействия в материалах с ГЦК-решеткой, проводилось в рамках отдельных подсистем многоуровневой модели деформируемого твердого тела. Были рассмотрены подсистемы: кристаллическая решетка, подсистема дефектов кристаллической решетки, границы зерен, фазовые особенности, их функциональные взаимосвязи и закономерности их самосогласованного изменения в полях внешних воздействий.

Установлено, что при определенных термодеформационных условиях, а именно, при достижении локализованной на границе зерна деформации 40 %, в температурном интервале $0,6...0,8T_s$ трещины возникают и распространяются по большеугловым границам зерен. Швы системы легирования Ni–Cr–Fe имеют высокую чувствительность к образованию трещин провала пластичности в зоне термического влияния многопроходного шва. Изменение системы легирования путем дополнительного введения Nb и Mo приводит к изменениям в распределении фаз и локальных структурных характеристик, а именно,

плотности дислокаций ρ , уровня локализованной деформации $\epsilon_{л}$, локальных внутренних напряжений $\tau_{л/вн}$. Установлено, что тонкая структура шва Ni–Cr–Fe характеризуется высокой плотностью дислокаций, особенно у границ зерен (порядка до $\rho \sim 10^{11}...2,2 \cdot 10^{11} \text{см}^{-2}$); высоким уровнем локализованной деформации (до $\epsilon_{л} = 30...40 \%$) и значительными локальными внутренними напряжениями у границ зерен. В шве Ni–Cr–Fe–Nb–Mo имеет место равномерное (без градиентов) распределение плотности дислокаций, низкий и равномерный уровень локализованной деформации (до $\epsilon_{л} = 6 \%$) и локальных внутренних напряжений.

Исследования показали, что пониженные значения энергии дефекта упаковки (до $\gamma_{зду} = 0,19 \text{ Дж/м}^2$) в случае дополнительного легирования Nb и Mo характеризует стойкость к образованию трещин провала пластичности в сварных соединениях сталей и сплавов с ГЦК структурой, поскольку низкая энергия дефекта упаковки препятствует созданию градиента деформаций в пределах граница зерна/тело зерна.

Одной из определяющих причин образования трещин провала пластичности (ТПП) являются сегрегационные процессы. Образующиеся на поверхностях раздела, в том числе на участках большеугловых границ, ограниченных температурным интервалом провала пластичности и зафиксированные ОЖЕ спектрометром, монослои серы толщиной 0,5...1,0 нм и кислорода, толщиной 0,5...1,0 нм, усиленные локализованной деформацией, могут являться причиной возникновения горячих трещин.

Использование комплекса экспериментальных исследований, реализуемых в сканирующем растровом электронном микроскопе «Zeiss» EVO-50 с применением CCD-детектора, и методов цифровой обработки изображений, в том числе двухмерного прямого дискретного Фурье-преобразования картин Кикучи, позволило определить границы, склонные к образованию ТПП (имеющие разориентацию 45...60°), и деформации кристаллической решетки в локальных участках зерен, примыкающих к трещинам.

Выполненные исследования открывают возможность прогнозирования физических принципов поведения изучаемых сплавов в процессе сварки и увеличения вероятности получения сварных соединений без дефектов.



А. А. Максименко (Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины) защитил 19 октября 2016 г. кандидатскую диссертацию на тему «Свариваемость микролегированных сталей с $\sigma_T = 350...460$ МПа и упрочнение сварных соединений с накопленными усталостными повреждениями».

Диссертация направлена на получение знаний о структурных изменениях, которые происходят на участке перегрева металла ЗТВ высокопрочных низкоуглеродистых микролегированных ванадием и ниобием сталях класса прочности С350-С460 в процессе сварки и в процессе внешнего циклического нагружения изгибом, и установлении их влияния на физико-механические свойства и циклическую долговечность сварных соединений сталей S355J2 и 10Г2ФБ.

Исследованиями показано, что в результате воздействия на металл ТЦС, структура стали S355J2 и 10Г2ФБ меняется соответственно от ферритно-бейнитной и бейнитной при $w_{6/5} = 3,0$ °С/с до бейнитной и бейнитно-мартенситной при 50 °С/с. Показатели прочности металла ЗТВ стали S355J2 по отношению к основному металлу растут, а пластичность уменьшается. Пластические свойства металла ЗТВ стали 10Г2ФБ, независимо от $w_{6/5}$,

выше исходных. При $w_{6/5} \leq 10$ °С/с наблюдается разупрочнение металла ЗТВ стали 10Г2ФБ. Показано, что при малых $[H]_{\text{диф}} \leq 5,0$ мл/100 г в наплавленном металле склонность металла ЗТВ сварных соединений сталей 10Г2ФБ и S355J2 к замедленному разрушению не проявляется.

Экспериментально установлено, что при росте количества циклов нагружения от $0,45 N_{Fr}$ к N_{Fr} параметры структуры уменьшаются по сравнению с исходным состоянием, а плотность дислокаций увеличивается. За счет этого показатели предела текучести металла увеличиваются на 20...22 %, а сопротивляемость хрупкому разрушению уменьшается в 1,6 раза. Доказано, что как в модельных образцах, так и в сварных соединениях, уже на стадии накопления повреждений наблюдается рост показателей градиента напряженности магнитного поля. Непосредственно перед разрушением их величина по отношению к исходному состоянию увеличивается в 5...6 раз.

Показано, что в тавровых сварных соединениях с накопленными повреждениями после упрочнения наплавкой и высокочастотной механической проковкой возможно достичь долговечности соединений на уровне после первичной сварки. На основании выполненных исследований разработаны обобщенные рекомендации относительно технологических процессов сварки сталей класса прочности С350-С460.

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ ПО ЭЛЕКТРОНИКЕ



С 3 по 5 октября 2016 г. в городе Таллинн (Эстония) состоялась 15-я Балтийская конференция по электронике (BEC 2016). Организатором конференции выступил Таллиннский технологический университет (ТТУ), который выступает постоянным организатором уже 14 таких конференций начиная с 1987 г.

Конференция традиционно посвящена результатам новейших исследований и разработок в области электроники, микро- и нанотехнологий, встраиваемых систем, надежной вычислительной техники, обработки сигналов. Международным комитетом конференции было отобрано 48 работ, представленных научно-исследовательскими организациями и университетами из Эстонии, Латвии, Литвы, Венгрии, Финляндии, Швеции, Чехии, Словацкой Республики, Словении, Германии, России, Португалии, Украины, Польши, США, Франции, Италии, Испании, Индии. Темы представленных на конференции докладов включали вопросы анализа, проектирования, моделирования, оптимизации процессов в компонентах и системах электронного оборудования. Все материалы, представленные авторами, прошли экспертизу с привлечением международных экспертов, а принятые документы будут размещены в базе данных IEEE Xplore.

Институтом электросварки (ИЭС) им. Е. О. Патона НАН Украины, Национальным техническим университетом Украины (КПИ) совместно с Таллиннским технологическим университетом на конференции был представлен совместный доклад: «Влияние скин-эффекта на прохождение тока через электроды электрохирургических инструментов и биологическую ткань», авторы: Владимир Сидорец (ИЭС), Андрей Дубко (ИЭС, КПИ), Олександр Бондаренко (КПИ), Роман Косенко (ТТУ) (докладчик — Андрей Дубко). Работа была посвящена анализу распределения плотности тока в медном электроде и биологической ткани, что является основой для разработки новых эффективных электрохирургических инструментов. Прошедший форум способствовал обсуждению широкого круга междисциплинарных вопросов, установлению деловых контактов, касающихся, в том числе, аспектов, связанных с усовершенствованием медицинской техники.

А. Г. Дубко



69-я ЕЖЕГОДНАЯ АССАМБЛЕЯ МЕЖДУНАРОДНОГО ИНСТИТУТА СВАРКИ

Международный институт сварки на сегодня включает представителей из 59 стран мира, работающих в области сварки и родственных технологий в направлении разработки передовых технологий, их внедрения в промышленность, унификации программ обучения, аттестации и сертификации персонала. В 2016 г. с 10 по 15 июля более 700 представителей из 48 стран собрались в г. Мельбурне (Австралия) в ходе 69-й Ежегодной Ассамблеи и Международной конференции. В трехдневном марафоне заседаний рабочих групп приняли участие 512 экспертов.

Австралийская зима придала мероприятию неповторимую атмосферу. Церемонию открытия начали с очищающего ритуала, который провел Йан Хантер, специально приглашенный Старейшина Вурунджери. Также в Церемонии открытия Ассамблеи приняли участие Президент МИС проф. Гэри Марки, Исполнительный директор МИС д-р Сесиль Майер и Исполнительный директор Института сварочных технологий Австралии Джефф Криттенден. С презентацией о глобализации современной промышленности и роли в этом процессе Международного института сварки выступил Вейн Хейнс, Генеральный менеджер по Промышленности и Инновациям DCNS Australia.

Участники Ассамблеи имели возможность поближе познакомиться с современной промышленностью Австралии в ходе технических визитов, среди которых были Австралийский синхротрон и Центр 3D печати CSIRO.

Заседания рабочих групп. В ходе Ассамблеи провели свои заседания более 20 комиссий, избирательных комитетов и групп, объединяющих инженеров, преподавателей, инструкторов, ученых из ведущих компаний, институтов и университетов стран — членов МИС.

Направления работы групп включают процессы, практическое их применение, а также вопросы, связанные с персоналом, а рассматриваемые темы варьируются от теории сварочных процессов и механики разрушения до лучевых процессов и объемной печати. В современных условиях многие из этих направлений пересекаются, поэтому были проведены совместные заседания.

К примеру, комиссии С-ХVI (соединение полимеров и адгезионные технологии) и С-V (неразрушающий контроль и обеспечение качества в сварке) провели совместный семинар. Необходимость совместной работы обусловлена стремительным

расширением применения полимеров, например, для снижения веса летательных аппаратов и, как следствие, снижения потребления горючего и уменьшения выброса в атмосферу диоксида углерода. Это, в свою очередь, приводит к необходимости разработки новых материалов (например, армированных полимеров), технологий их соединения, разработки и стандартизации методов контроля.

Комиссия С-VI (унификация терминологии) провела совместное заседание с представителями С-VIII (охрана здоровья и окружающей среды) и С-IV (лучевые процессы) для актуализации перечня терминов, используемых в современной промышленности. Эта работа направлена на облегчение общения между представителями сварочных сообществ.

В ходе Ассамблеи провели свои традиционно насыщенные сессии комиссия С-XIV (обучение персонала) и IAB (международная комиссия по обучению, аттестации и сертификации). В рамках их работы с 1998 г. в мире было присвоено более 120000 индивидуальных квалификаций, а прирост количества выданных дипломов за последний год составил 10000. Всего в ходе работы ассамблеи рабочие группы и комиссии рекомендовали 128 статей к публикации в журнале «Welding in the World», 3 книги и 13 рекомендаций к стандартам, которые будут переданы в Международную организацию по стандартизации (ISO). На сегодня МИС совместно с ISO ведет 49 проектов стандартов, среди которых 24 посвящены разработке новых документов.

В последние годы немало усилий было приложено для привлечения молодых профессионалов к работе в МИС. Для этой цели была создана отдельная группа TG-YL (группа молодых лидеров). В Мельбурне группа провела два мероприятия, в которых приняли участие 110 молодых профессионалов и студентов — участников ассамблеи и Международной конференции. По инициативе группы планируется проведение коллоквиумов в ряде стран при поддержке МИС, направленных на установление контактов между студентами и молодыми специалистами, работающими в области сварки.

Международная конференция. Конференция 2016 г. получила название «From concept to decommissioning: The total life cycle of welded components» (От идеи до утилизации: полный

жизненный цикл сварных изделий). Представленные в ходе двухдневной работы конференции доклады были посвящены проектированию, производству, монтажу, обслуживанию и ремонту, инспекции, продлению ресурса и утилизации. Они были разделены на секции:

- сварка как часть производственного процесса;
- автоматизация сварки;
- эксплуатация, инспекция и технический контроль;
- ремонт и продление ресурса работы.

Приглашенными лекторами были д-р Стюарт Кеннон (лекция о роли сварочных технологий в работе боевых кораблей в прошлом, настоящем и будущем) и д-р Мартин Прейджер (лекция о сварке конструкций, работающих под давлением).

Генеральная Ассамблея. Генеральная Ассамблея была проведена 10 июля и охватывала вопросы работы МИС — от показателей качества до финансовых аспектов.

Исполнительный директор МИС д-р Сесиль Майер презентовала ряд нововведений, среди которых: оптимизация веб-сайта института, выпущенные в течение года буклеты, переезд администрации института на северо-восток Франции в Йюс (однако местом проведения зимних заседаний остается Париж).

Окончательно утвержден следующий Директор МИС — Дуг Лучиани (Канада), который примет этот пост летом 2017 г. На данный момент он является казначеем МИС.

Новыми членами Совета директоров стали д-р Мустафа Кочак (Турция), д-р Анур Кумар Бхадури (Индия) и Дэвид Лэндон (США). Джоуко Лассила (Финляндия) занял пост вице-президента вместо Хулии Гедик-Садикар (Турция).

Произошли изменения и в составе Технического Совета (ТМВ). Закончился срок работы в составе совета у д-ра Михаила Карпенко (Новая Зеландия), д-ра Владимира Пономарева (Бразилия), проф. Вели

Куджанпаа (Финляндия) и д-ра Майкла Ретмайера (Германия). В состав совета сроком на три года вошли проф. Кеннет МакДональд (Норвегия), проф. Манабу Танака (Япония), проф. Шиян Ли (Китай) и Кристоф Герритсен (Бельгия), а также доц. Туба Карахан (Турция) сроком на 1 год.

По рекомендации Комиссии С-V (неразрушающий контроль и обеспечение качества в сварке) были закрыты четыре рабочих группы в связи с завершением их работы, а по рекомендации ТМВ — избирательный комитет по кораблестроению.

Было утверждено место проведения следующих ассамблей: в 2017 г. — Шанхай (Китай), с 25 по 30 июня; в 2018 г. — Турция, 2019 — Братислава (Словакия), 2020 — Сингапур.

Награды. В 2016 г. в ходе Ассамблеи были вручены следующие награды за вклад в развитие сварки и родственных процессов и технологий:

Награда Анри Граньона (за выдающиеся технические достижения):

– Категория А (технология соединения и производства) — д-р Сайед Мохаммад Гушегир (Германия) за статью «Friction spot joining of aluminum-CFRP hybrid structures» («Точечная сварка трением с перемешиванием гибридных изделий из алюминия и CFRP-полимеров»);

– Категория В (свариваемость материалов) — Каролин Финк (Германия) за статью «An investigation on ductility — dip cracking in the base metal heat-affected zone of wrought nickel base alloys — metallurgical effects and cracking mechanism» («Исследование вязкого разрушения в основном металле и ЗТВ при сварке деформируемых никелевых сплавов — влияние металлургии на механизм растрескивания»).

Медаль Андре Лероя (за программные продукты для нужд сварочного производства и обучения) — Джон Петковшек (США, Lincoln Electric Company) за интерактивный DVD по технике безопасности.



Награда за лучшую статью в журнале «Welding in the World» — В. Маурер, В. Эрнст, Р. Паух, Р. Валлант, Н. Энзингер (Австрия) за публикацию «Evaluation of the factors influencing the strength of an HSLA steel weld joint with softened HAZ» («Оценка факторов, влияющих на прочность высокопрочных низколегированных сталей с разупрочнением в ЗТВ»).

Награда Уго Геррера (за уникальный дизайн сварных конструкций, материалы или способ производства) — команда Agur и Yongnam за крышу Национального стадиона в Сингапуре.

Награда Йошиаки Арата (за выдающиеся достижения в фундаментальных исследованиях) — д-р Вейн Томас (Великобритания).

Награда Халил Кайя Гедика (за личный выдающийся вклад в развитие сварочной науки и технологии) — д-р Катаока (Япония) за исследования в области сварки в CO_2 с ультразвуковым разбрызгиванием.

Также были вручены награды за участие в работе МИС:

– медаль Вальтера Эдстрома (за индивидуальный вклад в работу МИС) — проф. Ульрих Дилтей (Германия);

– награда Артура Смита (за длительное участие в работе структурных подразделений МИС) — Карл-Густав Линдвольд (Финляндия);

– медаль Томаса (за вклад в разработку международных стандартов и исследования в области глобализации и стандартизации сварочного производства) — Роберт Шоу (США);

– награда за региональную деятельность (за весомый вклад в развитие сварочных процессов и технологий и инновационную деятельность в конкретном регионе) — д-р Даниель Алмейда (Бразилия);

– проф. Джон Норриш (Австралия), д-р Муштафа Кочак (Турция), д-р Дамиан Котеки (США), проф. Казутоши Нишимото (Япония), Крис Смолбоун (Австралия) — за активное участие в работе МИС;

– проф. Бруно Мейстер — за участие в 40 ассамблеях МИС;

– д-р Арпад Ковес (Словения), Хенк Бодт (Нидерланды), д-р Вацлав Минарик (Чехия), проф. Дорин Дехелин (Румыния) — за участие в 20 ассамблеях МИС;

– д-р Марк Харценмозер (Швейцария), Измо Мюронен (Финляндия), Хенрик Писарски (Великобритания), Энн Рорке (Австралия), д-р Надежда Волкова (Россия) — за участие в 10 ассамблеях МИС.

Е. П. Чвертко, канд. техн. наук

58-я МЕЖДУНАРОДНАЯ СВАРОЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «ТЕХНОЛОГИИ XXI ВЕКА» И МЕЖДУНАРОДНАЯ СВАРОЧНАЯ ВЫСТАВКА EXPOWELDING-2016

18–20 октября 2016 г. в г. Сосновице (Польша) была проведена 58-я Международная сварочная конференция «Технологии XXI века». Конференция была организована Институтом сварки Польши и проходила в выставочном комплексе «ExpoSilesia» в рамках международной специализированной выставки ExpoWELDING-2016.

Выставка ExpoWELDING-2016. С 18 по 20 октября 2016 г. в Сосновице была проведена очередная международная специализированная выставка ExpoWELDING-2016, которая является одним из самых крупных событий сварочной индустрии Центральной и Восточной Европы. В работе выставки приняло участие более 174 компаний из Польши, Чехии, Германии, Турции, Нидерландов, Словакии, Украины, Канады, Финляндии, Тайваня и Швеции. На стендах выставки были представлены основные крупные сварочные



компании мира. Выставку посетило около 5000 специалистов сварочной индустрии из Польши и др. стран, было продемонстрировано 40 новых продуктов. Выставка ExpoWELDING-2016 фак-

тически являлась также и ярмаркой роботизации и автоматизации сварочных процессов применительно к различным отраслям промышленности. Впервые в выставке приняли участие пять украинских компаний на объединенном стенде, среди которых ИЭС им. Е. О. Патона, ООО «ТМ.ВЕЛТЕК» (г. Киев), ООО «Вита Полис» (г. Боярка, Киевская область), ООО «Сумы Электрод» (г. Сумы), а также завод автогенного оборудования «Донмет» (г. Краматорск).

Все украинские компании уже известны не только в Украине, но и за ее пределами. Сегодня ООО «ТМ.ВЕЛТЕК» — крупнейший производитель порошковых проволок для наплавки с широкой линейкой материалов; ООО «Вита Полис» — молодая, но амбициозная компания, специализирующаяся на производстве проволок для сварки углеродистых, низколегированных, высокопрочных, нержавеющей и жаростойких сталей, сплавов на никелевой основе; ООО «Сумы Электрод» — ведущий производитель высококачественных сварочных электродов специального назначения.

Объединенный стенд был организован Международной Ассоциацией «Сварка» по инициативе ИЭС им. Е. О. Патона и широко использовался для проведения переговоров между польскими и украинскими специалистами. На стенде была проведена презентация технологии сварки дугой, вращающейся в магнитном поле, которая вызвала заинтересованность у представителей польской промышленности.

Во время работы выставки состоялся очередной XVIII Совет Международной Ассоциации «Сварка», в работе которого приняли участие учредители МАС: ИЭС им. Е. О. Патона, Польский институт сварки, «КЗУ групп инженеринг» (Болгария), Институт сварки «ЮГ» (Македония). Совет утвердил основные направления деятельности МАС на перспективу и принял решение о проведении очередного XIX Совета МАС в сентябре 2017 г. в Германии.

По завершению работы выставки состоялась церемония награждения участников почетными дипломами выставки. Среди награжденных — Международная Ассоциация «Сварка» за вклад в международное сотрудничество.

Сварочная конференция «Технологии XXI века». В работе конференции приняло участие более 350 ученых и специалистов из Польши, Германии, Нидерландов, Словакии, Украины, Финляндии. В рамках конференции была проведена сессия «Роль сварки в конструкциях атомных электростанций в аспекте польской промышленности», на которой было представлено пять докладов. К началу конференции пленарные докла-

ды были изданы в специальном выпуске журнала «Biuletyn Instytutu Spawalnictwa» №5, 2016.

Ниже приведены рефераты ряда представленных на конференции докладов.

Г. Б. Маркис — «МИС: развитие наилучшего глобального практического опыта при оценке усталостной прочности сварных конструкций». В докладе рассматривается деятельность Международного института сварки (МИС), который функционирует в качестве мировой сети по обмену информацией в области технологий соединения с целью улучшения глобального качества жизни. Одна из рабочих групп, которой является Комиссия XIII, концентрируется на новых результатах научных исследований и применении инновационных технологий с целью предотвращения усталостных разрушений сварных конструкций. В настоящее время осуществляется разработка нескольких новых рекомендаций по повышению усталостной прочности сварных конструкций. Одна из них касается применения механической высокочастотной обработки в качестве метода повышения усталостной прочности сварных конструкций.

Е. Майсс — «DIN 2304: требования по качеству при склеивании». Используемые в настоящее время клеи — это продукты высокого качества. Соответствующее их использование ведет к получению безотходного производства. Если ошибки все-таки возникают, то в более чем 90 % случаев это связано с ошибками в процессе склеивания, а не с используемым клеем, поэтому стандарт DIN 2304 оговаривает требования по качеству с целью надлежащего использования клеев. Стандарт DIN 2304 описывает также современное состояние технических знаний в области организации профессионального внедрения процессов склеивания на предприятии. В связи с этим качество процесса склеивания будет соответствовать качеству процесса склеивания на производстве. С этой точки зрения DIN 2304 касается всех клеевых соединений, главным заданием которых является работа в условиях нагружения независимо от механических и пластических свойств, а также механизма твердения используемого клея. В связи с тем, что OEM Working Group «Automotive» приняла решение по внедрению стандарта на своих производствах, DIN 2304 может в краткие сроки превратиться в общемировой стандарт как для изготовителей автомобилей, так и других поставщиков.

С. Кейтель, У. Вольски, У. Мюкенхайм, Х. Зондерхаусен, И. Мюглиц — «Роботизированное сварочное MIG оборудование для больших стальных конструкций». Размеры сварных изделий, геометрия и качественные стандарты в области ветроэнергетики требуют автоматизации. При-



Стенд Института сварки Польши

менение традиционных промышленных роботов часто является невозможным в связи с уровнем безопасности, затратами, доступными рабочими местами и необходимым временем по подготовке программ. С другой стороны, типичные задания по обработке, такие как резка, дуговая сварка и ультразвуковой контроль, являются настолько сложными, что не могут быть механизированы с помощью простой оснастки. Небольшое, дешевое, модульное оборудование на рельсовых путях, известное как гусеничное, заполняет пробел между простыми механизированными устройствами с одной стороны и промышленными роботами с другой. Они характеризуются простотой обслуживания и удобством при эксплуатации, даже в сложных полевых условиях, а также и возможностью программирования и управления с помощью датчиков перемещением, как в случае использования промышленных роботов. В статье оговорены возможности и ограничения представленной концепции на нескольких примерах по ее использованию.

М. Фидлер, А. Плоцнер, Б. Руцингер, В. Шерлайтнер — «Влияние различных модификаций сварочных процессов на свойства соединений из высокопрочной стали». Время охлаждения в



Стенд компании «Фрониус»

температурном интервале 800...500 °С является важным показателем, определяющим свойства сварных соединений высокопрочных сталей. В процессе сварки время охлаждения $t_{8/5}$ может управляться путем изменения количества вводимого в металл тепла, а также изменением толщины свариваемого металла. Современные методы дуговой сварки благодаря ограничению вводимого в металл тепла обеспечивают одновременно сохранение коэффициента плавления и улучшают стабильность уровня прочности с помощью оптимизированных установок источника питания. В статье проведено сравнение влияния на свойства шва традиционных процессов сварки, таких как дуговая сварка в защитных газах короткой дугой, со струйным переносом и импульсная, а также нововведенных процессов: РМС (Pulse Multi Control) и других. Особое внимание обращено на свойства наплавленного металла и металла сварных соединений. Представлены разработанные на этом основании практические выводы и рекомендации, целью которых является оптимизация свойств сварных соединений.

Я. Гурка, С. Стано — «Лазерная сварка тавровых соединений из термомеханически прокатанной стали толщиной 10 мм». Представлены



Объединенный стенд украинских компаний



Во время проведения Совета МАС



Участники конференции — «папины» разных лет, слева направо: Л. Н. Орлов (ООО «ТМ.Велтек», г. Киев), М. Белоев (КЗУ групп инженеринг, г. София), С. Г. Григоренко (ИЭС, г. Киев)

исследования, касающиеся технологии лазерной сварки без присадки тавровых соединений из термомеханически прокатанной стали повышенной прочности S700MC толщиной 10 мм. Образцы сваривались с одной и двух сторон. Проведенный контроль качества позволил классифицировать соединения на уровне качества В по стандарту PN-EN ISO 13919-1. В случае односторонней сварки при использовании луча мощностью на уровне 11 кВт получено проплавление глубиной 8 мм без существенной деформации вертикальной стенки. Полученные двухсторонние сварные соединения характеризуются требуемой геометрической формой, а размеры обнаруженных в швах пор не превышают критических размеров для уровня качества В (высокие требования). Структура шва является бейнитно-ферритной, а твердость повышается, примерно $HV1 - 60$ по отношению к твердости основного металла ($HV1 - 280$). В области ЗТВ наблюдается небольшое уменьшение твердости по сравнению с основным металлом.

В. Ван дер Мее — «Сварка двухфазных коррозионноустойчивых сталей». Представлены двухфазные стали, применяемые в современных отраслях промышленности. Детально оговорены все типы этих сталей (duplex, super duplex, lean duplex и hyper duplex), их свойства с учетом коррозионной стойкости, а также основные области применения. Представлены вопросы, связанные с технологией сварки, охватывающие подготовку основного металла, способы и техники сварки, требования по количеству введенного тепла, а также термообработкой до и после сварки. Обращено внимание на растущую долю

двухфазных сталей, используемых при изготовлении сварных конструкций, а также представлены перспективы дальнейшего развития.

П. Бернасowski, А. Петранова — «Аварии конструкций из аустенитных сталей — анализ примеров». Представлены примеры аварий конструкций, выполненных из аустенитных сталей. Первый пример касается центробежно-литой трубы диаметром $52,6 \times 5,8$ мм, выполненной из стали марки 25-35 CrNi, которая работала при повышенной температуре в восстановительной среде ($a_c \gg 1$). Представлены результаты исследований конструкционных элементов, таких как деталь водомера и трубопровод охлаждающей воды из аустенитной стали. В обоих случаях в течение достаточно короткого времени эксплуатации обнаружены течи. На основании проведенных исследований установлено, что причиной аварий была микробиологическая коррозия, вызванная бактерией, восстанавливающей серу (SRB), а не технология сварки.

О. Обрух, С. Юттнер, Г. Баллимитер, М. Кун, К. Дродер — «Сварка давлением гибридных элементов из армированного стеклопластика (FRP) и стали с использованием металлических вставок специальной конструкции». Представлена технология сварки образующих гибридную конструкцию композитов с металлическими элементами с помощью вспомогательных соединительных элементов. Оптимизация проникновения этих элементов в материал композитов проводилась с использованием итерационного процесса, полагая, что уровень разрушения этого материала будет самым низким. В статье кроме того представлены принципиальные требования по сварке давлением вспомогательных элементов с точки зрения перспективы этого процесса. Представлены и проанализированы разные концепции соединения этих элементов. Обращено внимание на применение низкого уровня вводимой в материал энергии



Церемония награждения; слева направо: директор МАС А. Т. Зельниченко, директор Института сварки Польши А. Пиетрас, проф. Я. Пилярич

с целью минимализации теплового разрушения композитов и вытекающие из этого требования по новому подходу к точечной сварке. Описаны также механические свойства соединений и режимы сварки давлением.

Я. Адамиец — «Свойства сваренных лазером оребренных труб из сплава никеля». Представлены результаты оценки свойств оребренных труб из сплава никеля Inconel 625, касающиеся их термического КПД, высокотемпературной и электрохимической коррозионной стойкости. Установлено, что применение ребер для увеличения поверхности теплообмена почти втрое повышает термическое КПД оребренных труб при сохранении повышенной коррозионной стойкости в атмосфере продуктов горения и стойкости на воздействие электрохимической коррозии.

С. Г. Григоренко, С. В. Ахонин, В. Ю. Белоус, Р. В. Селин — «Влияние термической обработки на структуру и свойства сварных соединений, полученных электронно-лучевой сваркой высоколегированного титанового сплава». В работе рассмотрены особенности формирования соединения высоколегированного высокопрочного ($\alpha + \beta$)-титанового сплава при электронно-лучевой сварке в вакууме. Исследования проводили на образцах сплава системы легирования Ti-Al-Mo-V-Nb-Cr-Fe-Zr, полученного методом электронно-лучевого переплава.

Изучено влияние термического цикла сварки и последующей термической обработки на структурно-фазовые превращения в металле шва и зоне термического влияния сварных соединений. В металле шва и ЗТВ соединений формируется структура с преобладанием метастабильной (β -фазы),

что способствует снижению показателей пластичности и ударной вязкости.

Для улучшения структуры и механических свойств сварных соединений, выполненных ЭЛС, необходимо проведение последующей термической обработки. Наилучший комплекс механических характеристик исследуемых сварных соединений был получен после проведения печной термообработки (отжиг при $T = 900$ °С в течение 1-го часа, охлаждение в печи), которая способствует получению практически однородной структуры и распаду метастабильных фаз в шве и ЗТВ.

А. А. Голякевич, Л. Н. Орлов — «Опыт применения электродуговой наплавки порошковой проволокой на предприятиях Украины». Описан опыт повышения ресурса деталей оборудования, применяемого в различных отраслях промышленности путем нанесения упрочняющих слоев на изделия электродуговой наплавкой порошковыми проволоками. Стойкость к износу восстановленного оборудования, например, в условиях прокатки стали и ее правки достигается формированием в наплавленном металле мартенситной матрицы, упрочненной дисперсными карбидами.

М. Белоус, Н. Ловов — «Некоторые технологические аспекты сварки емкостей для хранения аммиака». Оговорены факторы, связанные с коррозионным растрескиванием под напряжением в процессе эксплуатации емкостей для хранения аммиака. Представлены особенности технологии сварки, целью которых является обеспечение максимальной долговечности этих емкостей, методы уменьшения сварочных напряжений и неразрушающие методы контроля остаточных напряжений после операций их снятия.

А. Т. Зельниченко, канд. физ.-мат. наук



Институт электросварки им. Е.О. Патона НАН Украины
Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»
Международная Ассоциация «Сварка»

Восьмая международная конференция ЛУЧЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СВАРКЕ И ОБРАБОТКЕ МАТЕРИАЛОВ

11 – 15 сентября 2017 г.
Украина, Одесса, отель «Курортный»

Председатели программного комитета
академик И.В. Кривцун
проф. В.С. Коваленко

Тематика конференции

- Лазерная и электронно-лучевая сварка, резка, наплавка, термообработка, нанесение покрытий
- Электронно-лучевая плавка и рафинирование
- Гибридные процессы
- 3D-технологии
- Моделирование лучевых технологий
- Материаловедческие проблемы лазерных и электронно-лучевых технологий

Подача заявок на участие и тезисов докладов до 23.06.2017 г.

ОБОРУДОВАНИЕ ♦ ТЕХНОЛОГИИ ♦ МОДЕЛИРОВАНИЕ



АДРЕС ОРГКОМИТЕТА
Украина, 03680, г. Киев, ул. Казимира Малевича, 11
Институт электросварки им. Е.О. Патона НАН Украины
Тел./факс: (38044) 200-82-77, 200-81-45
E-mail: journal@paton.kiev.ua
http://pwi-scientists.com/rus/itwmp2017



ПОДПИСКА на журнал «АВТОМАТИЧЕСКАЯ СВАРКА»

Украина		Россия		Страны дальнего зарубежья	
на полугодие	на год	на полугодие	на год	на полугодие	на год
720 грн.	1440 грн.	5400 руб.	10800 руб.	90 дол. США	180 дол. США

В стоимость подписки включена доставка заказной бандеролью.

Подписку на журнал «Автоматическая сварка» можно оформить непосредственно через редакцию или по каталогам подписных агентств: Каталог видань України, «Прессцентр», «Блицинформ», «Меркурий» (Украина); каталог «Газеты. Журналы» агентства «Роспечать», Объединенный каталог «Пресса России» (Россия); каталог АО «Казпочта» Издания Украины (Казахстан); каталог зарубежных изданий «Белпочта» (Беларусь).



**Подписка на электронную версию журнала «Автоматическая сварка»
на сайте: <http://www.patonpublishinghouse.com>
В 2016 г. в открытом доступе выпуски журнала с 2009 по 2014 гг. в формате *.pdf.**

Реклама в журнале «АВТОМАТИЧЕСКАЯ СВАРКА»

Реклама публикуется на обложках и внутренних вклейках следующих размеров

- ▶ Первая страница обложки, 190×190 мм
- ▶ Вторая, третья и четвертая страницы обложки, 200×290 мм
- ▶ Первая, вторая, третья, четвертая страницы внутренней обложки, 200×290 мм
- ▶ Вклейка А4, 200×290 мм
- ▶ Разворот А3, 400×290 мм
- ▶ 0,5 А4, 185×130 мм

Технические требования к рекламным материалам

- ▶ Размер журнала после обрезки 200×290 мм

- ▶ В рекламных макетах, для текста, логотипов и других элементов необходимо отступать от края модуля на 5 мм с целью избежания потери части информации

Все файлы в формате IBM PC

- ▶ Corell Draw, версия до 10.0
- ▶ Adobe Photoshop, версия до 7.0
- ▶ QuarkXPress, версия до 7.0, InDesign C56
- ▶ Изображения в формате TIFF, цветовая модель CMYK, разрешение 300 dpi

Стоимость рекламы и оплата

- ▶ Цена договорная

- ▶ По вопросам стоимости размещения рекламы, свободной площади и сроков публикации просьба обращаться в редакцию

- ▶ Для организаций-резидентов Украины цена с НДС и налогом на рекламу

- ▶ Для постоянных партнеров предусмотрена система скидок

- ▶ Стоимость публикации статьи на правах рекламы составляет половину стоимости рекламной площади

- ▶ Публикуется только профильная реклама (сварка и родственные технологии)

- ▶ Ответственность за содержание рекламных материалов несет рекламодатель

Подписано к печати 23.11.2016. Формат 60×84/8. Офсетная печать. Усл. печ. л. 9,09. Усл.-отт. 10,09. Уч.-изд. л. 10,22.

Печать ООО «Фирма «Эссе».

03142, г. Киев, просп. Акад. Вернадского, 34/1.