

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 Иудеи и Самарии, Ариэль, 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 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 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

Международная конференция «СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СВАРКИ»

Киев, 13–15 июня 2016 г.

ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины



Организаторы

Национальная академия наук Украины
Институт электросварки
им. Е. О. Патона НАН Украины
Международная Ассоциация «Сварка»



СОДЕРЖАНИЕ

КОНТАКТНАЯ СТЫКОВАЯ СВАРКА

<i>Кучук-Яценко С. И., Дидковский А. В., Швец В. И., Руденко П. М., Антипин Е. В.</i> Контактная стыковая сварка высокопрочных рельсов современного производства	7
<i>Кучук-Яценко С. И., Руденко П. М., Гавриш В. С., Дидковский А. В., Антипин Е. А.</i> Статистическое управление процессом контактной стыковой сварки рельсов. Двухуровневая система управления	17
<i>Кучук-Яценко С. И., Наконечный А. А., Зяхор И. В., Чернобай С. В., Завертанный М. С.</i> Технология и оборудование для стыковой сварки сопротивлением деталей большого сечения из разнородных сталей	21
<i>Кучук-Яценко С. И., Швец В. И., Дидковский А. В., Антипин Е. В.</i> Влияние неметаллических включений рельсовой стали на формирование сварного соединения	28
<i>Качинский В. С., Кучук-Яценко С. И., Коваль М. П., Гончаренко Е. И.</i> Технология и оборудование для прессовой сварки магнитоуправляемой дугой неповоротных стыков труб малого диаметра в монтажных и стационарных условиях	33

ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВАЯ СВАРКА

<i>Нестеренков В. М., Хрипко К. С.</i> Технология и оборудование для электронно-лучевой сварки конструкций в авиакосмической промышленности	39
<i>Нестеренков В. М., Кравчук Л. А., Архангельский Ю. А.</i> Электронно-лучевая сварка рабочих колес центробежного компрессора	48
<i>Гречанюк Н. И., Кучеренко П. П., Мельник А. Г., Гречанюк И. Н., Смашнюк Ю. А., Гречанюк В. Г.</i> Новое электронно-лучевое оборудование и технологии получения современных материалов методами плавки и испарения в вакууме, разработанные в НПП «ЭЛТЕХМАШ»	53
<i>Крамаренко В. А., Нестеренков В. М., Загорников В. И.</i> Новая оптическая система наблюдения в серийных электронно-лучевых пушках	61
<i>Матвейчук В. А.</i> Системы визуализации процессов сварки в режиме реального времени с помехозащищенным каналом передачи сигнала вторичной электронной эмиссии	64
<i>Ахонин С. В., Григоренко С. Г., Белоус В. Ю., Таранова Т. Г., Селин Р. В., Вржижевский Э. Л.</i> Электронно-лучевая сварка сложнолегированного высокопрочного титанового сплава	69

СВАРКА ТРЕНИЕМ С ПЕРЕМЕШИВАНИЕМ

<i>Майстренко А. Л., Лукаш В. А., Заболотный С. Д., Страшко Р. В.</i> Применение процесса трения с перемешиванием для соединения магниевых сплавов и модификации их структуры	74
<i>Григоренко Г. М., Полещук М. А., Адеева Л. И., Туник А. Ю., Зеленин Е. В., Степанюк С. Н.</i> Особенности структуры соединений материалов Cu–Cu, Ni–Cu, сталь–Cu, полученных внахлест способом сварки трением с перемешиванием	82
<i>Маркашова Л. И., Покляцкий А. Г., Кушнарева О. С.</i> Влияние структуры на свойства сварных соединений алюминиево-литиевых сплавов, полученных способами аргонодуговой сварки и сварки трением с перемешиванием	88
<i>Покляцкий А. Г., Кныш В. В., Клочков И. Н., Мотрунич С. И.</i> Особенности и преимущества процесса сварки трением с перемешиванием стыковых соединений тонколистовых алюминиево-литиевых сплавов	93

Международная конференция «СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СВАРКИ»

ГИБРИДНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СВАРКИ

<i>Майстренко А. Л., Нестеренков В. М., Страшко Р. В., Заболотный С. Д., Ткач В. Н.</i> Гибридная технология, совмещающая электронно-лучевую сварку и сварку трением с перемешиванием в процессах восстановления элементов конструкций авиационной техники из магниевых сплавов	99
<i>Гринюк А. А., Коржик В. Н., Шевченко В. Е., Бабич А. А., Пелешенко С. И.</i> Гибридные технологии сварки алюминиевых сплавов на основе дуги с плавящимся электродом и сжатой дуги	107
<i>Маркашова Л. И., Позняков В. Д., Бердникова Е. Н., Жданов С. Л., Шелягин В. Д., Алексеенко Т. А.</i> Структура и свойства сварных соединений стали 14ХГН2МДАФБ при гибридной лазерно-дуговой сварке	114
<i>Позняков В. Д., Шелягин В. Д., Жданов С. Л., Бернацкий А. В., Сиора А. В.</i> Сравнительная оценка свойств сварных соединений высокопрочной стали N-A-XTRA-70, полученных дуговой, лазерной и гибридной лазерно-дуговой сваркой	124

3D АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

<i>Коржик В. Н., Хаскин В. Ю., Гринюк А. А., Ткачук В. И., Пелешенко С. И., Коротенко В. В., Бабич А. А.</i> Трехмерная печать металлических объемных изделий сложной формы на основе сварочных плазменно-дуговых технологий (Обзор)	127
<i>Сенченков И. К., Рябцев И. А., Турык Э., Червинко О. П.</i> Использование теории растущих тел при расчете напряженно-деформированного состояния деталей, изготавливаемых с применением аддитивных наплавочных технологий	135
<i>Ахонин С. В., Вржижевский Э. Л., Белоус В. Ю., Петриченко И. К.</i> 3D электронно-лучевая наплавка титановых деталей	141
<i>Шаповалов В. А., Якуша В. В., Гнздыло А. Н., Никитенко Ю. А.</i> Применение аддитивных технологий для выращивания крупных профилированных монокристаллов вольфрама и молибдена	145
<i>Жуков В. В., Григоренко Г. М., Шаповалов В. А.</i> Аддитивное производство металлических изделий (Обзор)	148
<i>Ющенко К. А., Яровицын А. В., Червяков Н. О.</i> Закономерности дискретно-аддитивного формирования микрообъемов кристаллизующегося металла при многослойной микроплазменной порошковой наплавке никелевых сплавов	154
<i>Шаповалов В. А.</i> Применение сварочных технологий для подавления ликвации в крупных слитках	162

ЭКОЛОГИЯ В СВАРОЧНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

<i>Matusiak J., Wyciślik J.</i> Resistance welding of coated steel plates in the aspect of environmental conditions	166
<i>Szubert L., Skoczewski P., Matusiak J., Wyciślik J.</i> Measurement and analytical system for welding parameters and noise level during manufacturing process of welded structures	173

ИНФОРМАЦИЯ

Новое поколение сварочных систем TransPocket 150/180	179
Производство керамических флюсов в России. Агломерированный флюс OK Flux 10.71	182

The E.O. Paton Electric Welding Institute of the National Academy of Sciences of Ukraine
International Scientific-Technical and Production Journal

S Automaticheskaya Svarka Automatic Welding

№ 5-6 (753)
MAY
JUNE 2016
Published since 1948

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. Zelichenko, 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 «KhPI», 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

College of Judea & Samaria, Ariel, Israel

V. I. Lysak

Volgograd State Technical University, Russia

Ya. Pilarczyk

Welding Institute, Gliwice, Poland

U. Reisgen

Welding and Joining Institute, Aachen, Germany

G. A. Turichin

St. Petersburg State Polytechn. Univ., Russia

Editors

T. V. Yushtina (exec. secr.), N. A. Pritula

Electron galley

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

Address of Editorial Board:

11, Kazimira 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.



International Conference «ADVANCED WELDING TECHNOLOGIES»

Kyiv, 13–15 June, 2016

The E. O. Paton Electric Welding Institut



Organizers

National Academy of Sciences of Ukraine
The E.O. Paton Electric Welding Institute
International Association «WELDING»

CONTENTS

FLASH-BUTT WELDING

<i>Kuchuk-Yatsenko S. I., Didkovsky A. V., Shvets V. I., Rudenko P. M., Antipin E. V.</i> Flash-butt welding of high-strength rails of nowadays production	7
<i>Kuchuk-Yatsenko S. I., Rudenko P. M., Gavrish V. S., Didkovsky A. V., Antipin E. A.</i> Statistical control of process of flash-butt welding of rails. Two-level control system	17
<i>Kuchuk-Yatsenko S.I., Nakonechny A. A., Zyakhor I. V., Chernobaj S. V., Zavertany M. S.</i> Technology and equipment for flash-butt welding of large-section parts from dissimilar steels	21
<i>Kuchuk-Yatsenko S. I., Shvets V. I., Didkovsky A. V., Antipin E. V.</i> Effect of on-metallic inclusions of rail steel on welded joint formation	28
<i>Kachinsky V. S., Kuchuk-Yatsenko S. I., Koval M. P., Goncharenko E. I.</i> Technology and equipment for press magnetically-impelled arc welding of position joints of small-diameter pipes in site and stationary conditions	33

ELECTRON BEAM WELDING

<i>Nesterenkov V. M., Khripko K. S.</i> Technology and equipment for electron beam welding of structures for aerospace industry	39
<i>Nesterenkov V. M., Kravchuk L. A., Arkhangelsky Yu. A.</i> Electron beam welding of centrifugal compressor impellers	48
<i>Grechanyuk N. I., Kucherenko P. P., Melnik A. G., Grechanyuk I. N., Smashnyuk Yu. A., Grechanyuk V. G.</i> New electron beam equipment and technologies for producing of advanced materials using vacuum melting and evaporation methods, developed at SPE «ELTEKHMASH»	53
<i>Kramarenko V. A., Nesterenkov V. M., Zagornikov V. I.</i> New optical observing system in electron beam guns	61
<i>Matvejchuk V. A.</i> Systems for visualization of welding processes in real-time mode using noise-proof channel for transfer of secondary electron emission signal	64
<i>Akhonin S. V., Grigorenko S. G., Belous V. Yu., Taranova T. G., Selin R. V., Vrzhezhevsky E. L.</i> Electron beam welding of complexly-alloyed high-strength titanium alloy	69

FRICION STIR WELDING

<i>Majstrenko A. L., Lukash V. A., Zabolotny S. D., Strashko R. V.</i> Application of friction stir method for joining of magnesium alloys and their structure modifying	74
<i>Grigorenko G. M., Poleshchuk M. A., Adeeva L. I., Tunik A. Yu., Zelenin E. V., Stepanyuk S. N.</i> Peculiarities of structure of Cu-Cu, Ni-Cu and steel-Cu joints, produced by overlap friction stir welding method	82
<i>Markashova L. I., Poklyatsky A. G., Kushnareva O. S.</i> Effect of structure on properties of aluminium-lithium alloy welded joints produced by argonarc and friction stir welding methods	88
<i>Poklyatsky A. G., Knysh V. V., Klochkov I. N., Motrunich S. I.</i> Peculiarities and advantages of friction stir welding of butt joints of thin-sheet aluminium-lithium alloys	93

International Conference
«ADVANCED WELDING TECHNOLOGIES»

HYBRID TECHNOLOGIES OF WELDING

<i>Majstrenko A. L., Nesterenkov V. M., Strashko R. V., Zabolotny S. D., Tkach V. N.</i> Hybrid technology combining electron beam welding and friction stir welding in the processes of repair of aircraft structure elements of magnesium alloys	99
<i>Grinyuk A. A., Korzhik V. N., Shevchenko V. E., Babich A. A., Peleshenko S. I.</i> Hybrid technologies of welding of aluminum alloys based on consumable electrode arc and constricted arc	107
<i>Markashova L. I., Poznyakov V. D., Berdnikova E. N., Zhdanov S. L., Shelyagin V. D., Alekseenko T. A.</i> Structure and properties of welded joints of 14KhGN-2MDAFB steel in hybrid laser-arc welding	114
<i>Poznyakov V. D., Shelyagin V. D., Zhdanov S. L., Bernatsky A. V., Siora A. V.</i> Comparative evaluation of properties of high-strength N-A-XTRA-70 steel welded joints produced using arc, laser and hybrid laser-arc welding	124

3D ADDITIVE TECHNOLOGIES

<i>Korzhik V. N., Khaskin V. Yu., Grinyuk A. A., Tkachuk V. I., Peleshenko S. I., Korotenko V. V., Babich A. A.</i> 3D printing of metallic volumetric parts of complex shape based on welding plasma-arc technologies (Review)	127
<i>Senchenkov I. K., Ryabtsev I. A., Turyk E., Chervinko O. P.</i> Using the theory of growing bodies in calculation of stress-strain states of the parts, manufactured applying additive surfacing technologies	135
<i>Akhonin S. V., Vrzhyzhevsky E. L., Belous V. Yu., Petrichenko I. K.</i> 3D electron beam surfacing of titanium parts	141
<i>Shapovalov V. A., Yakusha V. V., Gnizdylo A.N., Nikitenko Yu. A.</i> Application of additive welding technologies for growing of large profiled tungsten and molybdenum single crystals	145
<i>Zhukov V. V., Grigorenko G. M., Shapovalov V. A.</i> Additive production of metallic products (Review)	148
<i>Yushchenko K. A., Yarovitsyn A. V., Chervyakov N. O.</i> Dependencies of discrete-additive formation of microvolumes of metal being solidified in multilayer micro-plasma powder surfacing of nickel alloys	154
<i>Shapovalov V. A.</i> Application of welding technologies for suppression of liquation in large ingots	162

ECOLOGY IN WELDING PRODUCTION

<i>Matusiak J., Wyciślik J.</i> Resistance welding of coated steel plates in the aspect of environmental conditions	166
<i>Szubert L., Skoczewski P., Matusiak J., Wyciślik J.</i> Measurement and analytical system for welding parameters and noise level during manufacturing process of welded structures	173

INFORMATION

New generation of welding systems TransPocket 150/180	179
Production of ceramic fluxes in Russia. Agglomerated flux OK Flux 10.71	182