

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. Юценко  
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. Четверто,  
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.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. Пильярчик  
Ин-т сварки, Гливице, Польша  
д.т.н. Г.А. Туричин  
С.-Петербургский гос. политехн. ун-т, РФ

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 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: <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

Пленарные доклады международной конференции  
«Материалы для сварки, наплавки, нанесения покрытий  
и 3D-технологий», Киев, ИЭС, 4–5 июня 2019

<i>Bonnel J.-M., Maurer M., Rosert R.</i> Сварка и наплавка под флюсом высоколегированных сталей порошковыми проволоками .....	4
<i>Головко В.В., Степанюк С.Н., Ермоленко Д.Ю.</i> Дисперсионное модифицирование дендритной структуры металла сварных швов .....	14
<i>Юценко К.А., Гах И.С., Задерий Б.А., Звягинцева А.В., Карасевская О.П.</i> Ремонтная наплавка лопаток газовых турбин из жаропрочных никелевых сплавов с поверхностными дефектами и повреждениями .....	21
<i>Гончаров И.А., Судавацова В.С., Мищенко Д.Д., Дученко А.Н., Сокольский В.Э.</i> Влияние тугоплавких дисперсных фаз на физико-химические свойства шлакового расплава системы $MgO-Al_2O_3-SiO_2-CaF_2$ .....	29
<i>Шлепаков В.Н., Котельчук А.С.</i> Улучшение технологических и санитарно-гигиенических характеристик процесса дуговой сварки в среде защитного газа .....	33
<i>Ахонин С.В., Шваб С.Л.</i> Присадочная порошковая проволока для TIG сварки и наплавки титанового сплава BT22 .....	39
<i>Ворончук А.П., Жудра А.П., Петров А.В., Кочура В.О.</i> Влияние температуры на твердость и износостойкость наплавленных порошковыми лентами высокохромистых чугунов .....	44
<i>Кусков Ю.М., Кузьменко О.Г., Лентюгов И.П.</i> Применение стружки из стали 5ХНМ при электрошлаковой наплавке штампов в токоподводящем кристаллизаторе .....	51
<i>Бабинец А.А.</i> Влияние химического состава и структуры наплавленного металла на деформацию тонких стальных пластин .....	55
<i>Голякевич А.А., Орлов Л.Н., Максимов С.Ю.</i> Особенности процесса сварки металлопорошковой проволокой марки ТМВ5-МК .....	60
<i>Аджамский С.В., Кононенко А.А.</i> Исследование условий глубокого проплавления при изготовлении образцов из жаропрочного сплава Inconel 718 методом выборочного лазерного плавления .....	65
<i>Липодаев В.Н.</i> Легирование металла шва азотом при дуговой сварке коррозионностойких сталей (Обзор) .....	71
<i>Федорчук В.Е., Покляцкий А.Г., Фальченко Ю.В., Кислая Г.П.</i> Влияние скандия на свойства и структуру сплавов системы Al-Zn-Mg-Cu и их сварных соединений .....	78

Информация

Производство электродов на ОЗСО ИЭС им. Е.О. Патона .....	87
--	----

# Автоматичне Зварювання

# Avtomaticheskaya Svarka (Automatic Welding)

Видається 12 разів на рік з 1948 р.

Published 12 times per year since 1948

Головний редактор **Б.Є. Патон**

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

## ЗМІСТ

## CONTENTS

**Пленарні доповіді міжнародної конференції  
«Матеріали для зварювання, наплавлення,  
нанесення покриттів та 3D-технологій»,  
Київ, ІЕЗ, 4–5 червня 2019**

**Plenary papers for International Conference  
«Consumables for welding, surfacing  
and coating deposition and 3D technologies»,  
Kyiv, PWI, 4–5 June 2019**

<i>Bonnel J.-M., Maurer M., Rosert R.</i> Зварювання та наплавлення під флюсом високолегованих сталей порошковими дротами .....	4
<i>Головко В.В., Степанюк С.М., Єрмоленко Д.Ю.</i> Дисперсійне модифікування дендритної структури металу зварних швів .....	14
<i>Ющенко К.А., Гах І.С., Задерій Б.О., Звягінцева Г.В., Карасевська О.П.</i> Ремонтне наплавлення лопаток газових турбін з жароміцних нікелевих сплавів з поверхневими дефектами та пошкодженнями .....	21
<i>Гончаров І.О., Судацова В.С., Міщенко Д.Д., Дученко А.М., Сокольський В.Е.</i> Вплив тугоплавких дисперсних фаз на фізико-хімічні властивості шлакових розплавів системи $MgO-Al_2O_3-SiO_2-CaF_2$ .....	29
<i>Шлепаков В.М., Котельчук О.С.</i> Поліпшення технологічних та санітарно-гігієнічних характеристик процесу дугового зварювання в середовищі захисного газу .....	33
<i>Ахонін С.В., Шваб С.Л.</i> Присадний порошковий дріт для ТІГ зварювання та наплавлення титанового сплаву VT22 .....	39
<i>Ворончук О.П., Жудра О.П., Петров О.В., Кочура В.О.</i> Вплив температури на твердість та зносостійкість наплавлених порошковими стрічками високохромистих чавунів .....	44
<i>Кусков Ю.М., Кузьменко О.Г., Лентюгов І.П.</i> Застосування стружки із сталі 5ХНМ при електрошлаковому наплавленні штампів в струмопідвідному кристалізаторі .....	51
<i>Бабінець А.А.</i> Вплив хімічного складу та структури наплавленого металу на деформацію тонких сталевих пластин .....	55
<i>Голякевич А.А., Орлов Л.М., Максимов С.Ю.</i> Особливості процесу зварювання металопорошковим дротом марки ТМВ5-МК .....	60
<i>Адхамський С.В., Кононенко Г.А.</i> Дослідження умов глибокого проплавлення при виготовленні зразків з жароміцних сплавів Inconel 718 методом вибіркового лазерного плавлення .....	65
<i>Ліподаєв В.М.</i> Легування металу шва азотом при дуговому зварюванні корозійностійких сталей (Огляд) .....	71
<i>Федорчук В.Є., Покляцький А.Г., Фальченко Ю.В., Кісла Г.П.</i> Вплив скандію на властивості та структуру сплавів системи Al-Zn-Mg-Cu та їх зварних з'єднань .....	78

### Інформація

Виробництво електродів ДЗЗУ ІЕЗ ім. Є.О. Патона ..... 87

<i>Bonnel J.-M., Maurer M., Rosert R.</i> Submerged-arc surfacing of high-alloy steels by flux-cored wires .....	4
<i>Golovko V.V., Stepanyuk S.N., Ermolenko D.Yu.</i> Dispersion modification of dendritic structure of weld metal .....	14
<i>Yushchenko K.A., Gakh I.S., Zaderii B.A., Zvyagintseva A.V., Karasevskaya O.P.</i> Restoration of single crystal blades of gas turbines of high-temperature nickel alloys with surface defects and damages by surfacing ....	21
<i>Goncharov I.O., Sudavtsova V.S., Mishchenko D.D., Duchenko A.M., Sokolsky V.E.</i> Influence of refractory dispersed phases on physico-chemical properties of slag melts of the system $MgO-Al_2O_3-SiO_2-CaF_2$ .....	29
<i>Shlepakov V.N., Kotelchu A.S.</i> K Improvement of technological and sanitary-hygienic characteristics of arc welding process in shielding gas environment .....	33
<i>Akhonin S.V., Shvab S.L.</i> Filler flux-cored wire for TIG welding and surfacing of titanium alloy VT22 .....	39
<i>Voronchuk A.P., Zhudra A.P., Petrov A.V., Kochura V.O.</i> Effect of temperature on hardness and wear resistance of high-chromium cast irons deposited with flux-cored strips .....	44
<i>Kuskov Yu.M., Kuzmenko O.G., Lentyugov I.P.</i> Application of chips in electroslag surfacing of dies in current-conducting mold .....	51
<i>Babinets A.A.</i> Effect of composition and structure of deposited metal on deformation of deposited thin steel plates .....	55
<i>Golyakevich A.A., Orlov L.N., Maximov S.Yu.</i> Peculiarities of welding process using metal flux-cored wire of grade TMV5-MK .....	60
<i>Adzhamskii S.V., Kononenko A.A.</i> Investigation of deep penetration conditions when making samples from high-temperature alloy Inconel 718 by the method of selective laser melting .....	65
<i>Lipodaev V.N.</i> Nitrogen alloying of weld metal in arc welding of corrosion-resistant steels (Review) .....	71
<i>Fedorchuk V.E., Poklyatski A.G., Falchenko Yu.V., Kislaya G.P.</i> Scandium effect on the properties and structure of alloys of Al-Zn-Mg-Cu system and their welded joints .....	78
Production of electrodes at Paton PPWE .....	87

### Information

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

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

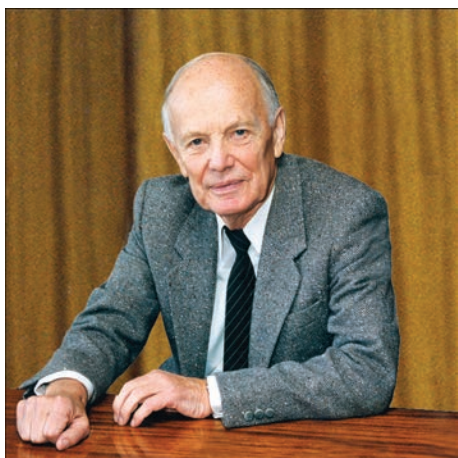
#### Адреса редакції

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

#### 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

## **Шановні пані та панове, колеги!**



*З великим задоволенням вітаю всіх учасників і гостей Міжнародної конференції, яка присвячена актуальним для сучасного зварювального виробництва проблемам — матеріалам для зварювання, наплавлення, нанесення покриттів та 3D-технологій.*

*Коло проблем і завдань, визначених до обговорення в ході роботи конференції, інформація про останні досягнення в цій галузі, а також ознайомлення з представленими на виставці зразками зварювальних матеріалів вітчизняних виробників, сприятимуть зміцненню наукових та ділових контактів, подальшому розвитку науково-дослідних і прикладних робіт в розглянутих напрямках.*

*Традиційна плідна співпраця науки та виробництва, постійне наукове супроводження з боку Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона і активна позиція виробників зварювальних матеріалів дозволяють забезпечити високу якість, широкий попит на вітчизняні зварювальні матеріали як на внутрішньому, так і на зовнішньому ринках. Свідченням цього є факт, що за роки незалежності України вдалося не допустити експансії зарубіжних виробників на український ринок. Більш того, фахівці України допомогли створити ряд виробництв зварювальних матеріалів в багатьох державах на пострадянському просторі. На відміну від української економіки в цілому вітчизняні виробники зварювальних матеріалів забезпечують позитивний зовнішньоекономічний баланс.*

*Серед нових завдань, що стоять перед фахівцями — виробниками зварювальних матеріалів — слід відзначити організацію виробництва матеріалів для зварювання титанових і алюмінієвих сплавів, матеріалів для застосування в адитивних технологіях та роботизованих комплексах.*

*Від імені Оргкомітету конференції хочу висловити щире подяку всім установам, підприємствам, організаціям та фахівцям, які своєю активною підтримкою забезпечили можливість її проведення.*

*Висловлюю впевненість в тому, що розгляд питань, які виносяться на конференцію, обмін інформацією про останні досягнення в цій галузі, встановлення нових наукових і ділових контактів дозволить нам внести свій вклад в поживлення і підйом ділової активності нашої країни.*

*Бажаю всім учасникам конференції плідної роботи, великих досягнень, благополуччя і міцного здоров'я.*

*Академік Б.Є. Патон*





## Производство электродов на ОЗСО ИЭС им. Е.О. Патона

Опытный завод сварочного оборудования (ОЗСО) им. Е.О. Патона выпускает большой ассортимент профессионального сварочного оборудования, и в настоящее время является ведущим производителем его на территории Украины и стран СНГ.

С целью расширения ассортимента выпускаемой продукции и укрепления занятых на рынке позиций, руководство ОЗСО приняло решение освоить выпуск покрытых сварочных электродов. После длительного подготовительного процесса, в начале апреля 2016 г., было начато производство электродов под торговой маркой ПАТОН™. На новом участке производства применяются современные технологии и жесткий входной контроль качества сырья, а профессиональная команда специалистов постоянно следит за развитием производства сварочных материалов с целью внедрения своевременных инноваций.

Опытный завод сварочного оборудования выпускает электроды по классической рецептуре самых востребованных марок: АНО-21, АНО-36, АНО-4, УОНИ 13/45, УОНИ 13/55, МР-3, спецэлектроды для наплавки Т-590, сварки чугуна ЦЧ-4, сварки высоколегированных сталей ОЗЛ-8 и ЦЛ-11; а также электроды серии Elite по улучшенной рецептуре: Elite АНО-36, Elite АНО-21, 7018 Elite.

Таким образом ассортимент покрытых электродов ПАТОН™ сейчас выглядит следующим образом:

### Серия «Elite»

- УНИВЕРСАЛ (РУТИЛОВЫЕ, С ЖЕЛЕЗНЫМ ПОРОШКОМ);
- 7018 (ОСНОВНЫЕ, С ЖЕЛЕЗНЫМ ПОРОШКОМ);
- Elite АНО-36 (РУТИЛ-ЦЕЛЛЮЛОЗНЫЕ С 8%-м СОДЕРЖАНИЕМ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ);
- Elite АНО-21 (РУТИЛ-ЦЕЛЛЮЛОЗНЫЕ С 6%-м СОДЕРЖАНИЕМ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ);
- Elite МД6013 (РУТИЛОВЫЕ);

### Серия «Classic»

- АНО-36 (РУТИЛ-ЦЕЛЛЮЛОЗНЫЕ С 8%-м СОДЕРЖАНИЕМ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ);
- АНО-21 (РУТИЛ-ЦЕЛЛЮЛОЗНЫЕ С 6%-м СОДЕРЖАНИЕМ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ);
- АНО-4 (РУТИЛОВЫЕ);
- МР-3 (РУТИЛОВЫЕ);
- УОНИ-13/55 (ОСНОВНЫЕ).

### Серия «СПЕЦЭЛЕКТРОДЫ»

- Т-590 – для наплавки;
- ОЗЛ-8, ЦЛ-11 – для сварки нержавеющей сталей;
- ЦЧ-4 – для сварки чугуна.

К наиболее известной и распространенной группе электродов типа Э46 относятся электроды марок АНО-4, МР-3, АНО-21, АНО-36 и другие сварочные электроды.

В последнее время наибольшее распространение получили рутил-целлюлозные электроды по рецептуре Института электросварки им. Е.О. Патона марок АНО-21 и АНО-36. По назначению и области применения они предназначены для ручной дуговой сварки на постоянном или переменном токе рядовых и ответственных конструкций из низкоуглеродистых сталей, поставляемых по ДСТУ 2651/ГОСТ380 (Ст0, Ст1, Ст2, Ст3 всех групп А,Б,В и всех степеней раскисления – «КП», «ПС», «СП») и по ГОСТ 1050 (05кп, 08кп, 08пс, 08, 10кп, 10пс, 10, 15кп, 15пс, 15,





20кп, 20пс, 20), во всех пространственных положениях (кроме вертикального сверху вниз для электродов диаметром 5,0 мм).

Рецептура и технология изготовления этих марок электродов, соответствующих требованиям ГОСТ 9466-75 по химическому составу и механическим свойствам, очень широкая, что иногда позволяет производителю маневрировать в условиях жесткой конкуренции, не выходя при этом за рамки требований ГОСТ. Поэтому основные показатели качества сварочных электродов разных производителей, и даже отдельно взятого производителя, могут несколько отличаться по сварочно-технологическим характеристикам. Также на изменение сварочных характеристик электродов влияет возможность каждого производителя разрабатывать свое ТУ, которое впоследствии допускает возможность использования новых компонентов и технологических операций при производстве электродов.

На ОЗСО им. Е.О. Патона проведено целый ряд мероприятий по улучшению качества выпускаемой продукции. Среди них: модификация рецептуры,

применяемой при производстве основных марок электродов, в сторону улучшения сварочно-технологических и потребительских характеристик; внедрение передовых инновационных разработок (применение комплексного ферросплавного модификатора производства одного из лучших мировых производителей); диверсификация поставок и расширение географии поступления известных и новых сырьевых компонентов, в том числе из зарубежных стран (целлюлоза — Швейцария, калий-натриевая глыба — Германия, слюда — Индия и т. д.); ужесточение как входного, так и выходного контроля качества сырья и продукции; редизайн и улучшение качества упаковочных материалов с применением трехслойной упаковки, что гарантирует сохранение сварочно-технологических свойств электродов на всем пути от Завода до конечного потребителя.

Использование новых видов сырья позволило значительно улучшить сварочно-технологические характеристики электродов, что расширило их применение как в промышленном секторе, так и в быту. Большое внимание при модернизации рецептур было уделено повышению их экологической безопасности, санитарно-гигиенических показателей и безопасности для здоровья сварщика.

В 2017 г. в рамках реализации стратегии развития данного направления, технологический парк по производству электродов пополнился современной автоматической линией производительностью 12 т в смену. В том же 2017 г. был получен сертификат СЕ, который подтвердил соответствие продукции нормам ЕС и были начаты поставки на рынки европейских стран. Сегодня электроды ПАТОН™ поставляются на рынки более 25 стран по всему миру — от Латинской Америки до Южной Кореи.

Несмотря на небольшой срок присутствия на рынке сварочные электроды ПАТОН™ успели себя зарекомендовать с хорошей стороны и стать незаменимым помощником в сварочных работах в различных отраслях: строительстве, машино- и судостроении, сельском хозяйстве, изготовлении различных металлоконструкций и др. А электроды серии Elite, изготовленные по улучшенной рецептуре, благодаря своей неприхотливости к качеству свариваемых поверхностей, легкому первичному и вторичному поджигу, а также стабильному горению дуги, нашли широкое применение для проведения сварочных работ рядовыми потребителями при решении бытовых задач.



ОЗСО ИЭС им. Е.О. Патона  
ул. Новопиropовская, 66, Киев,  
Украина  
Тел.: +38 (044) 259-40-00  
office@paton.ua