

# З А В Т О М А Т И Ч Н Е 11 С В А Р Ю В А Н Н Я 2019

Автоматическая сварка

Automatic Welding

Видається 12 разів на рік з 1948 р.

Published 12 times per year since 1948

## ЗМІСТ

### НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

<i>Лащенко Г.І.</i> Зварювальне виробництво в економіці України .....	3
<i>Лобанов Л.М., Асніс Ю.А., Піскун Н.В., Вржизhevський Е.Л., Міленін О.С., Великоіваненко О.А.</i> Дослідження напружено-деформованого стану зварних з'єднань інтерметалідів системи TiAl .....	11
<i>Крекутьова Р.О., Сараєв Ю.М., Семенчук В.М., Черепанов Р.О.</i> Динаміка теплових процесів при зварюванні тонколистової низьколегованої сталі .....	16
<i>Борисов Ю.С., Войнарович С.Г., Кислиця А.Н., Кузьмич-Янчук Є.К., Калюжний С.Н.</i> Дослідження електричних і теплових характеристик плазмотрона для мікроплазмового наплення покриттів із порошкових матеріалів .....	24
<i>Бої У., Кривцун І.В.</i> Процеси зварювання неплавким електродом з модуляцією зварювального струму (Огляд). Частина I. Особливості горіння нестационарних дуг з тугоплавким катодом .....	29
<i>Іванов В.П., Лещинський Л.К., Щербakov С.В.</i> Моделювання технології наплення зносостійкого шару змінного хімічного складу .....	40

### ВИРОБНИЧИЙ РОЗДІЛ

<i>Drimal D., Kasencak M., Kolenic F., Kramarcik A., Kovac L.</i> Особливості електронно-променевого зварювання гарячекатаних алюмінієво-літійових сплавів .....	46
<i>Кныш В.В., Осадчук С.О., Соловей С.О., Ниркова Л.І., Рыбаков А.О.</i> Методика прискорених корозійних випробувань для моделювання тривалого впливу атмосфери помірного клімату на зварні з'єднання .....	52

### КОРОТКІ ПОВІДОМЛЕННЯ

<i>Нестеренков В., Хрипко К., Лук'янов В.</i> Універсальна електронно-променева зварювальна установка .....	59
Дисертації на здобуття наукового ступеня .....	62

### ХРОНІКА

Міжнародна конференція «Променеві технології в зварюванні та обробці матеріалів» .....	63
Всеукраїнська конференція «Проблеми зварювання та споріднених технологій» .....	65
Збори асоціації «Електрод» .....	66
До 100-річчя від дня народження Б.С. Касаткіна .....	68
Пам'яті Б.О. Мовчана .....	69

### ІНФОРМАЦІЯ

Пошаровий синтез за допомогою зварювальної дуги: економічний 3D-друк металевих виробів .....	71
--	----

## CONTENTS

### SCIENTIFIC AND TECHNICAL

<i>Lashchenko G.I.</i> Welding production in the economy of Ukraine .....	3
<i>Lobanov L.M., Asnis Yu.A., Piskun N.V., Vrzhezhevsky E.L., Milenin O.S., Velikoivanenko O.A.</i> Investigation of stress-strain state of welded joints of intermetallics of the system TiAl .....	11
<i>Krektuleva R.A., Saraev Yu.N., Semenchuk V.M., Cherepanov R.O.</i> Dynamics of thermal processes in welding sheet low-alloyed steel .....	16
<i>Borisov Yu.S., Voinarovych S.G., Kyslytsya A.N., Kuzmich-Yanchuk E.K., Kalyuzhny S.N.</i> Investigation of electrical and thermal characteristics of plasmotron for microplasma spraying of coatings from powder materials .....	24
<i>Boi U., Krivtsun I.V.</i> Processes of nonconsumable electrode welding with welding current modulation (Review) Part 1. Peculiarities of burning of non-stationary arcs with refractory cathode .....	29
<i>Ivanov V.P., Leshchinskiy L.K., Shcherbakov S.V.</i> Modeling the technology of deposition of a layer of variable chemical composition .....	40

### INDUSTRIAL

<i>Drimal D., Kasencak M., Kolenic F., Kramarcik A., Kovac L.</i> Peculiarities of electron beam welding of hot-rolled aluminum-lithium alloys .....	46
<i>Knysh V.V., Osadchuk S.O., Solovej S.O., Nyrkova L.I., Rybakov A.O.</i> Procedure of accelerated corrosion testing for modelling the long-term effect of moderate climate atmosphere on welded joints .....	52

### BRIEF INFORMATION

<i>Nesterenlov V., Khrypko K., Lukyanov V.</i> Multipurpose electron beam welding machine .....	59
Theses for a scientific degree .....	62

### NEWS

International Conference «Beam Technologies in Welding and Materials Processing» .....	63
All-Ukrainian Conference «Problems of Welding and Related Technologies» .....	65
In «Electrode» International Association .....	66
To 100th birth anniversary of B.S. Kasatkin .....	68
In memory of B.O. Movchan .....	69

### INFORMATION

Layer-by-layer synthesis using welding arc: economical 3D printing of metal products .....	71
--	----



Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона НАНУ представляє Україну  
в Міжнародному інституті зварювання  
та в Європейській зварювальній федерації  
The E.O. Paton Electric Welding Institute of the NASU represents Ukraine  
in International Institute of Welding  
and in European Federation for Welding



## Автоматичне зварювання Автоматическая сварка Automatic Welding

### РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Вчені ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАНУ:  
**Б.Є. Патон** (головний редактор),  
**С.І. Кучук-Яценко** (заст. гол. ред.),  
**О.М. Бердникова, Ю.С. Борисов,**  
**В.В. Книш, І.В. Кривцун,**  
**Ю.М. Ланкін, Л.М. Лобанов,**  
**С.Ю. Максимов, М.О. Пашчин,**  
**В.Д. Позняков, І.О. Рябцев,**  
**К.А. Ющенко;**  
**В.В. Дмитрик**, НТУ «ХПІ», Харків;  
**В.В. Квасницький, Є.П. Чвертко**,  
НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», Київ;  
**М.М. Студент**, Фізико-механічний інститут  
ім. Г.В. Карпенка НАНУ, Львів;  
**М. Зініград**, університет Аріеля, Ізраїль;  
**У. Райсген**, Інститут зварювання та з'єднань,  
Аахен, Німеччина;  
**Я. Пілярчик**, Інститут зварювання, Глівіце, Польща

### Засновники

Національна академія наук України,  
Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона НАНУ,  
Міжнародна Асоціація «Зварювання» (видавець)

### Редакція

В.М. Ліподаєв, Т.В. Юштіна, А.І. Суліма

### Адреса

ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАНУ,  
03150, Україна, Київ-150,  
вул. Казимира Малевича, 11  
Тел.: (38044) 200 6302, 200 8277  
Факс: (38044) 200 8277  
E-mail: journal@paton.kiev.ua  
www.patonpublishinghouse.com

Журнал входить до переліку затверджених  
Міністерством освіти і науки України видань  
для публікації праць здобувачів наукових ступенів.

Рекомендовано до друку  
редакційною колегією журналу.

Свідоцтво про державну  
реєстрацію KB 4788 від 09.01.2001  
ISSN 0005-111X

DOI: <http://dx.doi.org/10.15407/as>

### Передплата

Передплатний індекс 70031

12 випусків на рік (видається щомісячно)

Друкована версія: 2400 грн. за річний комплект  
з урахуванням доставки рекомендованою бандероллю.

Електронна версія: 2400 грн. за річний комплект  
(випуски журналу надсилаються електронною поштою  
у форматі .pdf або для IP-адреси комп'ютера  
передплатника надається доступ до архіву журналу).

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

За зміст рекламних матеріалів  
редакція журналу відповідальності не несе.

### EDITORIAL BOARD

Scientists of E.O. Paton Electric Welding Institute of NASU:

**B.E. Paton** (Editor-in-Chief),  
**S.I. Kuchuk-Yatsenko** (Deputy Editor-in-Chief),  
**O.M. Berdnikova, Yu.S. Borisov,**  
**V.V. Knysh, I.V. Krivtsun,**  
**Yu.M. Lankin, L.M. Lobanov,**  
**S.Yu. Maksimov, N.O. Pashchin,**  
**V.D. Poznyakov, I.O. Ryabtsev,**  
**K.A. Yushchenko;**  
**V.V. Dmitrik**, NTU «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv;  
**V.V. Kvasnytskyi, E.P. Chvertko**, NTUU «Igor Sykorsky  
Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv;  
**M.M. Student**, Karpenko Physico-Mechanical Institute  
of NASU, Lviv;  
**M. Zinigrad**, Ariel University, Israel;  
**U. Reisgen**, Welding and Joining Institute, Aachen, Germany;  
**Ja. Pilarczyk**, Welding Institute, Gliwice, Poland

### Founders

National Academy of Sciences of Ukraine,  
E.O. Paton Electric Welding Institute of NASU,  
International Association «Welding» (Publisher)

### Editors

V.M. Lipodaev, T.V. Yushchina, A.I. Sulima

### Address

E.O. Paton Electric Welding Institute of NASU,  
03150, Ukraine, Kyiv-150,  
11 Kasimira Malevicha Str.  
Tel.: (38044) 200 6302, 200 8277  
Fax: (38044) 200 8277  
Email: journal@paton.kiev.ua  
www.patonpublishinghouse.com

The Journal is included in the list of publications approved  
by the Ministry of Education and Science of Ukraine  
for the publication of works of applicants for academic degrees.

Recommended for printing editorial board of the Journal.

Certificate of state registration  
of KV 4788 dated 09.01.2001  
ISSN 0005-111X  
DOI: <http://dx.doi.org/10.15407/as>

### Subscription

Subscription index 70031

12 issues per year (issued monthly), back issues available.

\$180, subscriptions for the printed (hard copy) version,  
air postage and packaging included.

\$150, subscriptions for the electronic version  
(sending issues of Journal in pdf format  
or providing access to IP addresses).

Institutions with current subscriptions on printed version  
can purchase online access to the electronic versions  
of any back issues that they have not subscribed to.  
Issues of the Journal (more than two years old)  
are available at a substantially reduced price.

«Avtomatychne Zvaryuvannya» (Automatic Welding)  
journal is republished in English under  
the title «The Paton Welding Journal».

The editorial board is not responsible  
for the content of the promotional material.

## ДИСЕРТАЦІЇ НА ЗДОБУТТЯ НАУКОВОГО СТУПЕНЯ



**І.П. Лентюгов** (Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України) захистив 28 жовтня 2019 р. кандидатську дисертацію на тему «Порошкові дроти для наплавлення з шихтою з лігатури, отриманої електрошлаковим переплавом відходів абразивної обробки швидкорізальних сталей».

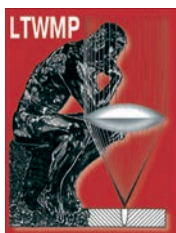
Робота присвячена розробці порошкових дротів для зносостійкого наплавлення, в шихті яких використовуються лігатури, отримані електрошлаковим переплавом металовмісних відходів, що утворюються при абразивній обробці високолегованих швидкорізальних сталей. Вперше запропоновано технологію, яка дозволяє переробляти відходи абразивної обробки швидкорізальних інструментальних сталей у високолеговані лігатури для виробництва порошкових дротів для наплавлення. Технологія переробки відходів включає вхідний контроль їх хімічного складу, прожарювання, магнітну сепарацію, ЕШП металеві складові відходів, розмелювання отриманої лігатури, контроль хімічного складу лігатури. Експериментально встановлено, що для підтримки стійкого процесу ЕШП відходів необхідно, щоб питома потужність процесу була не менше  $150 \text{ Вт/см}^2$ , яка забезпечує швидкість плавлення частинок на рівні  $2,0 \dots 2,5 \text{ кг/хв}$  ( $120 \dots 160 \text{ кг/год}$ ). При цьому на розплавлення відходів витрачається близько 30 % від загальних витрат тепла, що забезпечує досить високий ККД процесу ЕШП. Показано, що при використанні порошку лігатури в якості основного компонента шихти порошкового дроту, забезпечується отримання наплавленого металу, відповідного за хімічним складом типу  $\text{Fe}_4$  по ДСТУ EN 14700:2008. За системою легування наплавлений метал цього типу можна віднести до хромовольфрамів, хромомолібденових напівтеплостійких сталей. Порошкові дроти цього типу використовуються для наплавлення інструментів гарячого і холодного деформування металів. Результати, отримані в роботі, підтвержені дослідно-промисловою перевіркою, яка проведена на ТОВ «ТКШЗ» при наплавленні штампів гарячого штампування розробленим порошковим дротом ПП-Нп-120ВЗХМФ. Економічний ефект від безпосереднього застосування розробленого порошкового дроту ПП-Нп-120ВЗХМФ для наплавлення штампів на підприємстві ТОВ «ТКШЗ» складе близько 200 тис. грн. Певний ефект забезпечить також повернення в промислове виробництво металовмісних відходів абразивної обробки інструментальних швидкорізальних сталей.



**Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України** М.В. Юрженко (ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАН України) захистив 28 жовтня 2019 р. докторську дисертацію на тему «Наукові основи та технології зварювання інженерних і високотехнологічних пластмас».

Робота присвячена встановленню загальних закономірностей впливу на структуру та властивості зварних з'єднань пластмас параметрів та режимів зварювання, вивченню особливостей термомеханічних процесів, що реалізуються в зоні зварювання пластмас за допомогою методів математичного моделювання та порівняльних експериментальних досліджень, розробка на основі нових узагальнених знань ефективних технологій та обладнання. Досліджено структуру і властивості зварних з'єднань модельних полімерних матеріалів — технічних марок поліетилену, визначено зв'язок між ними, а також параметрами і умовами зварювання. Виявлено, що при зварюванні пластмас в їх зварному з'єднанні формується більш упорядкована структура із специфічними властивостями та підвищеними експлуатаційними характеристиками, які є відмінними від структури, властивостей та характеристик основного полімерного матеріалу, що зварюється, за рахунок плавлення його кристалічної фази, орієнтації його макромолекул зі зміною їх конформацій, що супроводжується їх взаємодією та формуванням змішаної структури їх сегментів і зародків спільних кристалітів, та подальшою її частковою кристалізацією під дією теплового та силового полів. Встановлено можливість керованого регулювання структури та властивостей зварних з'єднань варіюванням як параметрів процесів зварювання, так і направленою дією зовнішніх факторів, наприклад, постійного магнітного поля. На основі узагальнених результатів теоретичних і експериментальних досліджень, в тому числі математичного моделювання, розроблено технології та відповідне обладнання для зварювання труб і листів із інженерних та високотехнологічних пластмас, проведено їх апробацію та впровадження.





## МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «ЛУЧЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СВАРКЕ И ОБРАБОТКЕ МАТЕРИАЛОВ»

В период с 9 по 13 сентября 2019 г. в Одессе на базе отеля «Аркадия» состоялась IX Международная конференция «Лучевые технологии в сварке и обработке материалов» (LTWMP-2019), организованная Институтом электросварки им. Е.О. Патона НАН Украины, НТУУ «Киевский политехнический институт им. Игоря Сикорского» и Международной Ассоциацией «Сварка».

В работе конференции приняло участие более 60 ученых и специалистов из Украины, Словакии, Германии, Беларуси и Китая. Конференция была организована в виде пленарных и стендовых сессий, рабочие языки конференции русский, украинский и английский (был обеспечен синхронный перевод докладов). Во время пленарных и стендовых сессий было заслушано 37 докладов.

Открыл конференцию Председатель программного комитета конференции, заместитель директора ИЭС им. Е.О. Патона академик И.В. Кривцун. В своем выступлении он отметил, что для участия в конференции заявлены доклады по лазерной тематике, гибридным и 3D технологиям, а также доклады по электронно-лучевым технологиям в сварке и в специальной электрометаллургии. Академик И.В. Кривцун также отметил роль парогазового канала в лучевых технологиях при формировании сварных соединений и роль синергетического эффекта в гибридных технологиях.

Отметим некоторые из докладов, которые дают представление о затрагиваемых на конференции проблемах:

– «Особенности формирования металлической структуры изделий из титановых сплавов, полу-

ченных 3D печатью с применением профильного электронного луча по технологии xBeam 3D Metal Printing», *Ковальчук Д.В.*, ЧАО «НВО Червона Хвиля», Киев;

– «Contribution to the welding of hot-rolled aluminum-lithium alloys by electron beam», *Drimal Daniel*, PRVA ZVARACSKA a. s., Bratislava, Slovak Republic;

– «Специализированное технологическое электронно-лучевое оборудование для реализации аддитивного процесса послойного изготовления изделий из металла с применением порошковых материалов», *Нестеренков В.М.*, ИЭС им. Е.О. Патона, Киев;

– «Электронно-лучевая плавка жаропрочных титановых сплавов системы Ti-Si-Al-Zr-Sn», *Северин А.Ю.*, ГП «НПЦ «Титан» ИЭС им. Е.О. Патона, Киев;

– «Оптимизация технологических параметров послойного формирования изделий из титанового сплава BT6 с помощью ЭЛС на основе математического моделирования», *Кандава С.М.*, ИЭС им. Е.О. Патона, Киев;

– «Отработка технологических операций лазерной сварки и лазерной наплавки элементов малогабаритных сопловых блоков жидкостных ракетных двигателей», *Шелягин В.Д.*, ИЭС им. Е.О. Патона, Киев;

– «Modelling of Temperature Fields in Electron Beam Sintering», *Semenov O.*, E.O. Paton Electric Welding Institute, Kyiv;

– «Электронно-лучевая технология как метод получения теплозащитных покрытий системы  $ZrO_2$ - $Y_2O_3$  с хорошими функциональными характеристиками на различных типах металлических подслоев», *Куренкова В.В.*, ООО «Патон Турбайн Текнолоджиз», Киев;

– «Формирование расходуемых электродов из губчатого титана методом электронно-лучевого оплавления», *Пикулин А.Н.*, НПЦ «Титан» ИЭС им. Е.О. Патона, Киев;

– «Микроструктура сплавов титана BT20, полученных методом послойной электронно-лучевой наплавки с применением отечественных порошковых ма-



Выступление академика И.В. Кривцуна при открытии конференции

териалов», *Матвейчук В.А.*, ИЭС им. Е.О. Патона, Киев;

– «Гибридная лазерно-микроплазменная сварка нержавеющей сталей», *Хаскин В.Ю.*, Китайско-украинский институт сварки им. Е.О. Патона, Гуанчжоу, КНР;

– «Адаптивное управление процессом лазерной сварки и наплавки деталей сложной формы при обеспечении геометрической точности траекторных перемещений», *Комбаров В.В.*, НПФ «ХА-И-Инжиниринг», Харьков;

– «Закономерности влияния параметров процесса выборочного лазерного плавления (SLM) на формирование единичного слоя из жаропрочного никелиевого сплава INCONEL 718», *Аджамский С.В.*, ООО «Лазерные аддитивные технологии Украины», Днепр;

– «Структура и свойства соединений алюминиевого сплава AA7056 T351, выполненных электронно-лучевой сваркой», *Бердникова Е.Н.*, ИЭС им. Е.О. Патона, Киев;

– «Моделирование напряженно-деформированного состояния рабочих лопаток паровых турбин из титанового сплава при восстановительном ремонте с применением электронно-лучевой наплавки», *Кандава С.М.*, ИЭС им. Е.О. Патона НАН Украины, Киев;

– «Дослідження лазерно-ливарного процесу виготовлення біметалів різного функціонального призначення», *Салій С.С.*, НТУУ «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», Київ;

– «ЭЛС и термообработка экономнолегированных титановых сплавов на основе  $\beta$ -фазы», *Белоус В.Ю.*, ИЭС им. Е.О. Патона, Киев;

– «Устранение хампинг-эффекта при лазерно-дуговой сварке сталей повышенной прочно-

сти», *Хаскин В.Ю.*, Китайско-украинский институт сварки им. Е.О. Патона, Гуанчжоу, КНР;

– «Структура и свойства разнородных титан-алюминиевых сварных соединений, полученных лазерной сваркой», *Сидорец В.Н.*, ИЭС им. Е.О. Патона, Киев;

– «Гибридная система для электронно-лучевого испарения и ионного распыления», *Кузьмичев А.И.*, НТУУ «Киевский политехнический институт им. Игоря Сикорского»;

– «Электронно-лучевая плавка экономнолегированных сплавов на основе титана», *Березос В.А.*, НПЦ «Титан» ИЭС им. Е.О. Патона, Киев;

– «Дослідження особливостей процесів формування зварних з'єднань при лазерному зварюванні сталей і сплавів у різних просторових положеннях», *Бернацький А.В.*, ІЕЗ ім. Є.О. Патона, Київ;

– «Влияние конденсационных многослойных защитных покрытий на циклическую прочность сплава ВТ-6», *Микитчик А.В.*, Международный центр электронно-лучевых технологий ИЭС им. Е.О. Патона, Киев;

– «Микроупрочнение границ наплавленных слоев в изделиях, получаемых методом электронно-лучевой наплавки», *Хохлова Ю.А.*, ИЭС им. Е.О. Патона, Киев.

Были также представлены доклады по применению лазеров в медицине, для 3D печати пластмасс и два доклада по применению нелучевых концентрированных источников нагрева:

– «Влияние режимов импульсно-дуговой сварки на термические циклы и геометрические параметры швов и ЗТВ сварных соединений, выполненных высоколегированными сварочными материалами», *Позняков В.Д.*, ИЭС им. Е.О. Патона, Киев;

– «Температура плавления наночастиц металла в плазме», *Драган Г.С.*, НИИ физики Одес-



Учасники конференції LTWMP-2019

ского национального университета имени И.И. Мечникова.

Вне программы конференции выступил директор Центра химических технологий Академии инженерных наук *А.П. Мухачов* (г. Каменское) с информацией о направлениях деятельности центра по восстановлению производства в Украине гафния, циркония, ниобия и молибдена в установках электронно-лучевого переплава.

*Полишко А.А.* (ИЭС им. Е.О. Патона) провела презентацию конференции молодых ученых и специалистов YPIC/WRTYS 2020 «Young Professionals International Conference on Welding and Related Technologies», 19–22 мая 2020, Киев (<https://ypic2020.com>) и пригласила ученых, специалистов и руководителей предприятий к участию в ней в качестве докладчиков, слушателей и спонсоров. В конференции также приняли участие без докладов представители ряда промышленных предприятий Украины из Киева, Днепра, Запорожья, Харькова, Кривого Рога, Каменского, использующие в производственном цикле лазерные и лучевые технологии.

По завершению конференции был проведен Круглый стол «Новые разработки в области 3D лучевых технологий». Во время проведения круглого стола обсуждались актуальные проблемы развития лучевых сварочных технологий применительно к получению трехмерных изделий из различных металлических материалов и были

продемонстрированы готовые изделия, полученные с помощью лазерного 3D прототипирования (ООО «Лазерные аддитивные технологии Украины») и в электронно-лучевых установках (ЧАО «НВО Червона Хвиля», ИЭС им. Е.О. Патона).

К концу 2019 г. будут изданы труды конференции LTWMP-2019. Труды предыдущих восьми конференций LTWMP можно заказать в редакции журнала «Автоматическая сварка» или получить в открытом доступе на сайте издательства ИЭС им. Е.О. Патона по ссылке: <http://patonpublishinghouse.com/eng/proceedings/ltwmp>.

Доброжелательная, гостеприимная, творческая обстановка конференции способствовала развитию полезных дискуссий, установлению деловых контактов. Участники конференции выразили единодушное одобрение предложению о проведении следующей, десятой Международной конференции по лучевым технологиям в сварке и обработке материалов (LTWMP-2021) в сентябре 2021 г. в Одессе, Украина.

Организационный комитет конференции LTWMP-2019 выражает благодарность и признательность компаниям Червона Хвиля, Технологии высоких энергий, Китайско-украинскому институту сварки им. Е.О. Патона, Центру «Титан» ИЭС, Центру электронно-лучевой сварки ИЭС и Международному центру электронно-лучевых технологий ИЭС за оказанную помощь в проведении конференции.

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

## ВСЕУКРАИНСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «ПРОБЛЕМЫ СВАРКИ И РОДСТВЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»

17–19 сентября 2019 г. в с. Кoblevo (Николаевская обл.) состоялась Всеукраинская конференция с международным участием «Проблемы сварки и родственных технологий», посвященная 60-летию кафедры сварочного производства Национального университета кораблестроения имени адмирала Макарова.

В конференции приняли участие ведущие и молодые ученые технических университетов, научно-исследовательских институтов и организаций Украины, Беларуси, Китая, а также представители промышленных предприятий. До начала конференции ее организаторами были изданы материалы с тезисами 59 заявленных докладов. Общее число участников составило более 40 человек. География представителей охватывала все регионы страны — от востока (города Мариуполь,

Краматорск) до запада (г. Тернополь) и с севера (г. Чернигов) до юга (г. Херсон).

Всего было заслушано и обсуждено 25 докладов по 5 научным направлениям:

- технологии, материалы и оборудование сварки плавлением;
- наплавка;
- пайка и родственные процессы;
- компьютерное моделирование и экспериментальные исследования напряженно-деформированного состояния сварных и паяных соединений;
- сварка в твердом состоянии.

Наибольший интерес участников конференции вызвал обобщающий доклад Квасницкого В.В. (Национальный технический университет «Киевский политехнический институт им. Игоря Сикорского»), в котором представлены пробле-





мы и результаты разработки припоев для жаропрочных сплавов газовых турбин нового поколения, а также доклады Майстренко А.Л. (Институт сверхтвердых материалов им. В.Н. Бакуля НАН Украины) «Сварка алюминиевых криволинейных панелей методом трения с перемешиванием», Шваба С.Л. (ИЭС им. Е.О. Патона НАН Украины) «TIG сварка и наплавка титанового сплава BT22 с использованием управляющего магнитного поля и присадочной порошковой проволоки», Костина А.М. (Национальный университет кораблестроения им. адмирала Макарова) «Совершенствование технологии квалификационной сварки и наплавки», Казмиренко Ю.А. (НУК им. адмирала Макарова), «Повышение износостойкости электродуговых покрытий из стали 65Г», Брыкова М. Н. (Национальный университет «Запорожская политехника») «Сварка с ускоренным охлаждением стали 120Г3С2», Матвиенко М.В. (Херсонский филиал НУК) «Влияние свойств прослойки на напряженно-деформированное состояние паяных соединений жаропрочных сплавов» и др.

По результатам конференции приняты решения, в которых, в частности, отмечены высокий уровень научных и технических разработок, боль-

шинство из которых имеет практическую реализацию, представленные в докладах материалы рекомендованы для опубликования в профессиональных периодических изданиях, а также предложено сделать традиционным проведение таких конференций.

В рамках конференции состоялось совещание представителей Южного региона Общества сварщиков Украины (ОСУ) под председательством президента ОСУ докт. техн. наук, профессора Максимов С.Ю., на котором были обсуждены вопросы совершенствования Национальной системы аттестации сварщиков и функционирования института экспертов Украинского аттестационного комитета сварщиков (УАКС).

Также, за весомый вклад в развитие сварочного производства Почетными дипломами были награждены ведущие предприятия в Николаевской области ООО «АМИТИ» и ООО «Технолазер-Сварка», а за личный вклад – Почетными дипломами и памятным медалями канд. техн. наук, профессор кафедры сварочного производства НУК Костин А. М. и главный инженер ООО «АМИТИ» канд. техн. наук Ярос Ю. А.

С.В. Драган, А.М. Костин

## СОБРАНИЕ АССОЦИАЦИИ «ЭЛЕКТРОД»

16 октября 2019 г. в Москве в рамках международной выставки «Weldex/Россварка 2019» (15–18 октября) состоялось внеочередное общее собрание ассоциации «Электрод» (АЭ). В нем приняли участие около 30 руководителей и ведущих специалистов предприятий-производителей сварочных материалов, оборудования и сырья для их производства, научных организаций, торгующих компаний России, Украины, Беларуси. Среди них: ООО «Сумы-Электрод», ЧАО «ПлазмаТек», ООО

«Ротекс», ООО «Техпром», ООО «Тантал ЛТД», ООО «Ижорские сварочные материалы», ООО «Мелдис-Ферро», ООО «НТЦ «Пигмент», ООО «Керамглас», ИЭС им. Е.О. Патона НАНУ, ООО «ТМ.Велтек», ООО «Электрод-Бор», ООО «ПК «Хобэкс-Электрод», ООО «Оливер», ООО «Магнитогорский электродный завод», ЗАО «Завод сварочных материалов», ЗАО «Электродный завод», ООО «Новооскольский электродный завод», ООО «Судиславский завод сварочных материалов»,

ООО «Ситтек», ООО «Регион-сервис», Институт ФПМ СО РАН.

Присутствующих тепло поблагодарила президент АЭ, директор ООО «Техпром» Е.А. Палиевская за участие в работе собрания и пожелала всем дальнейших успехов.

На собрании было заслушано сообщение исполнительного директора Ассоциации В.Н. Липодаева о работе дирекции в период после проведения семинара в Гомеле, в частности, по популяризации деятельности АЭ в средствах массовой информации, актуализации сайта, информационной поддержке членов АЭ. С интересом были заслушаны выступления Ю.Н. Сараева (ИНПМ СО РАН), З.А. Сидлина (ООО «Техпром») о прошедших недавно Всероссийской конференции в Томске («Сварка в России-2019: современное состояние и перспективы» (4–7.09) и конференции в Москве «Проволока. Крепеж» (25–26.09).

Конференция в Томске была посвящена 100-летию со дня рождения выдающегося ученого Бориса Евгеньевича Патона. Ее участники присоединились к многочисленным поздравлениям юбиляра, пожелали ему здоровья и профессионального долголетия во благо мировой науки. Решением конференции было отмечено как высокий уровень ее организации и проведения, так и целесообразность ежегодного проведения конференции в различных регионах.

В выступлении З.А. Сидлина было отмечено, что развитие метизной отрасли в России имеет большое значение для всей промышленности, поскольку метизная продукция используется практически во всех сферах, начиная от крупных инвестиционных проектов до обычных домохозяйств. По итогам 2018 г. объем выпуска метизной продукции в РФ достиг 2,3 млн т. Дальнейшее развитие отрасли требует новых рынков сбыта и общеэкономического роста в стране. Как скоро это произойдет, и по каким направлениям пойдет развитие метизной промышленности, обсудили участники 8-ой Общероссийской конференции «Проволока-крепеж 2019». В фокусе внимания участников конференции были следующие вопросы:

- производство и потребление метизной продукции в России и за рубежом;
- современные требования к метизной продукции, новые виды, новые материалы;
- вопросы взаимодействия метизных заводов с поставщиками сырья;



- дистрибуция и металлоторговля всем спектром метизной продукции, возможности для развития СМЦ;

- инвестиционные, производственные и сбытовые программы крупных производителей метизной продукции;

- новые игроки на рынке, прогнозы их развития.

З.А. Сидлин озвучил объемы производства покрытых электродов по регионам РФ за последние 3 года. Он также отметил, что получено отрицательное заключение Минпромторга на новую редакцию закона о промбезопасности, монополизирующее деятельность на сварочном рынке.

Ю.Н. Сараев (ИФПМ СО РАН, г. Томск) рассказал также о прошедшем 15 октября в рамках выставки «Weldex/Россварка» общероссийском совещании сварщиков на тему «Проблемы сварочной отрасли и пути их решения».

На собрании выступили также главный технолог Магнитогорского электродного завода И.Н. Зверева и начальник отделения порошковых проволок Н. Пахомов (Березовский завод сварочных материалов), рассказавшие о новациях своих предприятий в области производства материалов, в частности, об освоении производства порошковых проволок малого диаметра.

И.М. Лившиц (ООО «Ижорские сварочные материалы») рассказал о прошедшей в Санкт-Петербурге выставке и конференции «Нева-2019».

Собрание заслушало заявление Е.А. Палиевской с просьбой освободить ее от обязанностей президента Ассоциации. Участники собрания удовлетворили ее просьбу и избрали президентом на трехлетний период директора Новооскольского электродного завода Ю.А. Глушкова. Учитывая весомый вклад в деятельности Ассоциации Е.А. Палиевской, она была выбрана почетным ее президентом.

В.Н. Липодаев



## ДО 100-РІЧЧЯ ВІД ДНЯ НАРОДЖЕННЯ Б.С. КАСАТКІНА



1 листопада 2019 р. виповнилося 100 років від дня народження відомого вченого в галузі зварювального матеріалознавства, члена-кореспондента України, професора, доктора технічних наук Бориса Сергійовича Касаткіна. Народився він у 1919 р. в Томську, брав участь у бойових діях Великої Вітчизняної війни, був поранений. Після поранення навчався в Уральському політехнічному інституті і після закінчення у 1944 р. був направлений до роботи в ІЕЗ.

Його науково-дослідницька діяльність почалася під безпосереднім керівництвом Євгена Оскаровича Патона, який у 1945 р. довірив молодому співробітнику рішення дуже важливого та досить складного наукового завдання створення спеціальної марки сталі для виготовлення одного з перших у світі великих суцільнозварних мостів. Цьому мосту згодом було присвоєно ім'я Є.О. Патона. Поставлена задача була успішно вирішена Б.С. Касаткіним у 1947 р. Результати науково-дослідних робіт з даної теми лягли в основу кандидатської дисертації (1947 р.).

У 1951 р. Б.С. Касаткін був обраний вченим секретарем Інституту. Багато сил і енергії він віддавав підготовці молодих наукових кадрів для інституту, займався формуванням перспективних напрямків наукових досліджень в ІЕЗ.

У 1954 р. Б.С. Касаткін організував відділ фізико-хімічних методів досліджень. Під його керівництвом проводилися фундаментальні дослідження структури, фізичної і хімічної неоднорідності і мікроефектів крихкого руйнування зварних з'єднань різних конструкційних сталей, а також розроблялися методики дослідження зварних з'єднань із застосуванням електронної мікроскопії та рентгеноструктурного аналізу.

У 1959 р. Б.С. Касаткін очолив відділ зварювання перлитних та феритних сталей. Під його керівництвом були вирішені комплексні питання дослідження зварюваності, фізико-механічних властивостей зварних з'єднань, створення нових зварювальних матеріалів і технологій зварювання теплостійких сталей для виготовлення відповідальних конструкцій енергетичного машинобудування.

У 1962 р. Б.С. Касаткін захистив докторську дисертацію, а в 1963 р. йому було присвоєно звання професора. Вагомий внесок Б.С. Касаткіна у створення дослідження і впровадження нових високоякісних конструкційних сталей для зварних конструкцій гірничодобувної та дорожньої техніки, автодорожніх мостів і гідротехнічних споруд. У 1960-1970-х рр. при його безпосередній участі був споруджений з високоякісної сталі зварний міст через р. Смотрич у м. Кам'янець-Подільському, а також виготовлені зварні водоводи Нурекської ГЕС. У 1975 р. за роботи по створенню та освоєнню нових марок низьколегованих сталей високої міцності для зварних конструкцій і технології їх зварювання Б.С. Касаткіну була присуджена премія ім. Є.О. Патона.

У 1963 р. Б.С. Касаткін створив спеціалізовану лабораторію зі зварювання полімерних матеріалів, яка потім була перетворена у науковий відділ «Зварювання пластмас».

У 1969-1974 рр. Б.С. Касаткін за сумісництвом завідував кафедрою зварювального виробництва Київського політехнічного інституту. Багато сил і енергії віддавав розвитку вузівської науки, підготовці молодих кадрів. Завдяки зусиллям Б.С. Касаткіна почалося будівництво Навчального центру зварювання КПІ і ІЕЗ ім. Є.О. Патона. У 1976 р. Б.С. Касаткін був обраний членом-кореспондентом НАН України.

У 1970-1990 рр. Б.С. Касаткін брав участь у вирішенні складних проблем, пов'язаних з виготовленням на Харківському турбінному заводі важких роторів тихохідних парових турбін великої потужності (понад 1000 МВт) для атомних електростанцій. Велику увагу він приділяв розробці методів дослідження і регулювання напруг і деформацій при зварюванні конструкцій нової техніки.

Значний внесок він вніс у розробку та впровадження в промисловість нових зварювальних матеріалів, таких як окислювальні флюси для ав-

томатичного зварювання і покритті електроди для ручного зварювання високоміцних сталей у важкому і енергетичному машинобудуванні.

За розробку технології складання й автоматичного зварювання, а також створення спеціалізованої зварювальної апаратури для виготовлення важких роторів турбін великої потужності Б.С. Касаткіну у 1979 р. була присвоєна Державна премія УРСР. У 1981 р. і в 1986 р. Б.С. Касаткін був удостоєний премій Ради Міністрів СРСР, у 1991 р. — звання Заслужений діяч науки і техніки УРСР. Трудові досягнення Б.С. Касаткіна були також відзначені орденами і медалями СРСР.

За період з 1954 по 1985 рр. з керованого ним відділу виділилося більше 10 провідних самостійних відділів інституту. Великий внесок Б.С. Касаткін вніс в підготовку наукових кадрів в області

зварювального матеріалознавства для Якутського інституту проблем Півночі СВ АН СРСР.

Б.С. Касаткін — автор понад 350 наукових робіт і 55 винаходів. Їм була створена вітчизняна матеріалознавча школа в області технології зварювання високоміцних конструкційних низьколегованих сталей. Серед його учнів 4 доктори наук та 25 кандидатів наук. Ім'я Б.С. Касаткіна широко відоме серед вчених в області зварювального виробництва. Він користувався заслуженим авторитетом серед зварювальників СРСР. Б.С. Касаткін чуйно і доброзичливо ставився до співробітників, з якими працював, допомагав їм цінними порадами та ідеями.

Світлу пам'ять про Бориса Сергійовича Касаткіна, відомого вченого і педагога, обов'язковій і енергійній людині з вдячністю зберігають його колеги та учні.

Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона  
Редколегія та редакція журналу

## ПАМ'ЯТІ Б.О. МОВЧАНА



На 92-му році пішов з життя доктор технічних наук, професор, академік НАН України, видатний вчений-матеріалознавець, засновник наукової школи отримання нових матеріалів за допомогою електронно-променевої технології випаровування і конденсації в вакуумі (ЕВ-РВД), заслужений діяч науки і техніки України, Борис Олексійович Мовчан.

Після закінчення Київського державного університету ім. Т.Г. Шевченка за спеціальністю фізика металів у 1951 р. життя Б.О. Мовчана було нерозривно пов'язане з Інститутом електрозварювання ім. Є.О. Патона. Почавши свою трудову діяльність науковим співробітником, у 1954 р. Б.О. Мовчан захищає кандидатську дисертацію, а у 1961 р. — докторську. За період 1960–2003 рр.

Б.О. Мовчан був керівником наукового відділу електронно-променевих технологій ІЕЗ ім. Є.О. Патона. У червні 1964 р. його обрали членом-кореспондентом Академії наук УРСР, а у березні 1978 р. — академіком.

Б.О. Мовчан отримав вітчизняне і міжнародне визнання і популярність як в області дослідження взаємозв'язку структури і властивостей неорганічних матеріалів (аморфних, нанокристалічних, дисперсно-зміцнених, мікрослойних, мікропористих) і захисних покриттів, осаджуваних з парової фази у вакуумі, так і в реалізації розроблених технологічних процесів і нових зразків електронно-променевого обладнання.

Б.О. Мовчан був автором понад 380 наукових публікацій, 7 монографій, понад 120 патентів. Він підготував 68 кандидатів і докторів технічних наук, був членом редколегій кількох наукових журналів.

З ініціативи Б.О. Мовчана і його активної участі були створені такі спільні підприємства, як українсько-голандське «Інтертурбіна-Патон» (1992 р.) і українсько-американське «Пратт енд Уїтні-Патон» (1993 р.). У 1994 р. їм було створено державне підприємство «Міжнародний центр електронно-променевих технологій ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАН України» (МЦ ЕПТ), яке продовжує роботи по розробці нових електронно-променевих технологій та обладнання як для зарубіжних замовників з США, КНР, Канади, Англії, так і для

українських замовників, серед яких НПО «Зоря»-«Машпроект» (м. Миколаїв) і ЗМКБ «Прогрес» (м. Запоріжжя).

Поряд зі створенням нових технологій Б.О. Мовчан розробляє і відповідне електронно-променеве обладнання для отримання нових матеріалів і нанесення захисних покриттів. Під його керівництвом було спроектовано та виготовлено 96 електронно-променевих установок різного призначення.

Трудова і наукова діяльність Б.О. Мовчана була відзначена низкою високих урядових нагород, серед яких — Державна премія УРСР в галузі науки і техніки, два ордена Трудового Червоного прапора, Ленінська премія за роботи в області електронно-променевих технологій, орден Леніна, премія Є.О. Патона НАН України. За особистий вагомий внесок у розвиток вітчизняної науки, зміцнення науково-технічного потенціалу України Б.О. Мовчан нагороджений орденом «За заслуги» III ступеня,

орденом Ярослава Мудрого V ступеня, йому присвоєно почесне звання «Заслужений діяч науки і техніки».

Б.О. Мовчан відзначений також зарубіжними почесними дипломами та преміями. У Китаї йому вручений Почесний диплом Міністерства авіаційної промисловості КНР і присвоєно почесне звання професора Пекінського університету аеронавтики та космонавтики. У США отримані два дипломи Американського вакуумного товариства. З 2016 р. Б.О. Мовчану в США була вручена премія ім. Р.Ф. Банши «За новаторські роботи в області електронно-променевого випаровування і діяльність керівника та наставника на трьох континентах протягом 60 років».

Світла пам'ять про Б.О. Мовчана надовго залишиться в серцях тих, хто його знав, разом з ним працював та жив.

Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України  
Міжнародний центр електронно-променевих технологій  
Редколегія журналу «Автоматичне зварювання»

**Передплата – 2020 на журнал «Автоматичне зварювання»**  
**[www.patonpublishinghouse.com/rus/journals/as](http://www.patonpublishinghouse.com/rus/journals/as)**  
**Передплатний індекс 70031**  
**(з 1948 по 2019 рр. журнал видавався під назвою «Автоматическая сварка»)**

Україна		Зарубіжні країни	
на півріччя	на рік	на півріччя	на рік
1200 грн.	2400 грн.	90 дол. США	180 дол. США

У вартість передплати включена доставка рекомендованою бандероллю.

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

**Правила для авторів, ліцензійні угоди, архівні випуски журналів**  
**на сайті видавництва [www.patonpublishinghouse.com](http://www.patonpublishinghouse.com).**  
**У 2019 р. у відкритому доступі випуски журналів з 2009 по 2017 рр. в форматі \* .pdf.**

### Реклама в журналі «Автоматичне зварювання»

**Реклама публікується на обкладинках і внутрішніх вклейках наступних розмірів**

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

#### Вартість реклами

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

Підписано до друку 20.11.2019. Формат 60×84/8. Офсетний друк.  
Ум. друк. арк. 8,37.  
Друк ТОВ «ДІА».

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



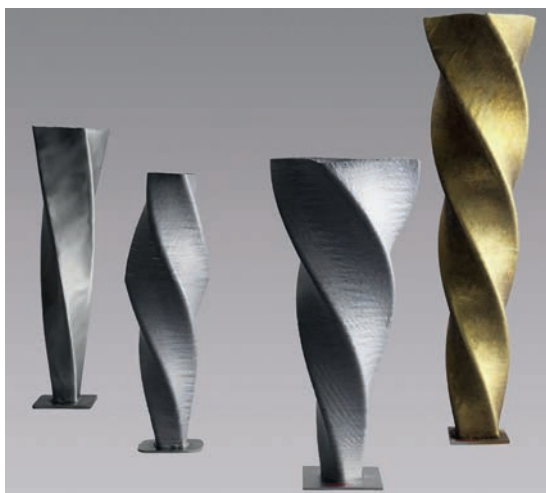
## Пошаровий синтез за допомогою зварювальної дуги: економічний 3D-друк металевих виробів\*

*Технологія пошарового синтезу за допомогою зварювальної дуги викликає значний інтерес у промисловцях. Завдяки методу наплавки шарів виробництво за допомогою зварювальної дуги стає надзвичайно гнучким з погляду можливостей виготовлення деталей найрізноманітніших геометричних форм. Технологія пошарового синтезу за допомогою зварювальної дуги за економічністю суттєво переважає інші методи адитивної металообробки, зокрема, коли йдеться про виготовлення прототипів і виробництво дрібних партій. Головним фактором оцінки якості виготовлених компонентів є процес зварювання. Процес Cold Metal Transfer, який розробила компанія Fronius, відповідає всім вимогам до процесів пошарового синтезу за допомогою зварювальної дуги.*

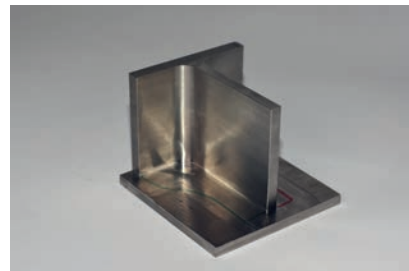
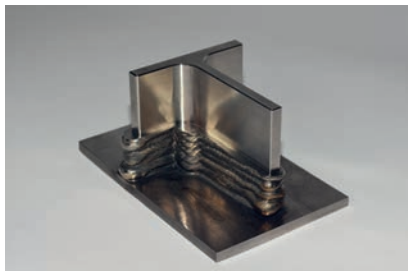
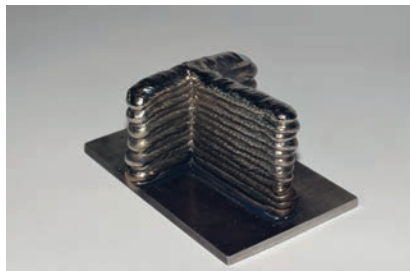
Методи пошарового синтезу забезпечують виготовлення деталей за рахунок поетапної наплавки шарів матеріалу. Найвідомішим методом пошарового синтезу є 3D-друк. Технологія пошарового синтезу за допомогою зварювальної дуги, в основі якої лежить процес дугового зварювання, також дає змогу виготовляти металеві деталі шар за шаром, причому шари утворюються зі зварювального електрода, що поступово плавиться. Такий метод синтезу набуває особливої привабливості, наприклад, коли потрібно виготовити деталь складної геометричної форми, адже можливості розробки в такому разі практично ніщо не обмежує. Іншими суттєвими перевагами цього методу є висока швидкість та низька собівартість виробництва. Завдяки цим особливостям технологію пошарового синтезу за допомогою зварювальної дуги вигідно застосовувати для виготовлення прототипів і виробництва дрібних партій. Тривалість обробки, зношування інструментів і витрати матеріалів під час виробництва — особливо під час роботи за традиційними технологіями, що передбачають виточування деталі з твердої заготовки, — все це зумовлює зростання витрат.

Існує цілий ряд методів синтезу, які використовують для виготовлення металевих деталей. За принципом роботи ці методи можна розділити на два основні типи: порошкові процеси та процеси з використанням дротів. У порошкових процесах додавання нових шарів здійснюють, напилюючи розплавлений металевий порошок. Найпоширеніший метод цього типу — плавлення часточок напиленого металевого порошку — забезпечує надзвичайно точні результати, проте сам процес синтезу досить повільний. З іншого боку, в процесах із використанням дротів нові шари утворюються способом плавлення металевого присадного матеріалу у формі дроту лазерним променем, пучком електронів або зварювальною дугою. Цим процесам властива висока швидкість наплавлення, тому їх застосування дає змогу скоротити тривалість виробництва.

Пошаровий синтез за допомогою зварювальної дуги — це процес синтезу з використанням дротів, в основі якого лежить метод дугового зварювання металевим електродом у середовищі захисного газу (GMAW). Окрім високої швидкості наплавлення (до 4 кг/год в разі використання сталей), технологія пошарового синтезу за допомогою зварювальної дуги має безліч інших переваг. У майбутньому синтез із одночасним використанням декількох дротів може забезпечити ще більшу швидкість наплавлення. Оскільки вартість витратних матеріалів і амортизації обладнання також є важливим фактором, технологія пошарового синтезу за допомогою зварювальної дуги має ще одну велику перевагу: для її використання потрібна лише відповідна зварювальна система. Для впровадження цієї технології не потрібне дороге спеціальне обладнання — наприклад, вакуумні камери, що забезпечують більшу швидкість синтезу за допомогою електронних пучків.



Технологія пошарового синтезу за допомогою зварювальної дуги дає змогу використовувати на виробництві найрізноманітніші присадні матеріали, зокрема, звичайну та хромонікелеву сталь, алюміній і бронзу

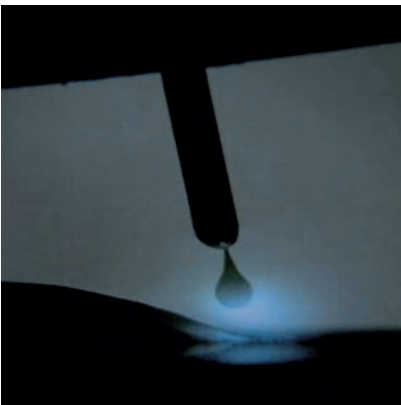


Під час пошарового синтезу за допомогою зварювальної дуги деталь (на малюнках деталь з титану) зварюють шар за шаром, а потім піддають механічній обробці

\* Стаття на правах реклами.



Процес дугового зварювання металевим електродом у середовищі захисного газу Cold Metal Transfer ідеально забезпечує стабільність процесу зварювання та низький тепловий вплив



Дротовий електрод, який використовують у процесі зварювання CMT, механічно забезпечує відрив краплі. Це дає змогу скоротити витрати енергії та досягти меншої тривалості короткого замикання для «холодного» процесу зварювання

Порівняно з порошковими методами технологія пошарового синтезу за допомогою зварювальної дуги вигідно відрізняється за рахунок великого асортименту сертифікованих типів дротів. Вибір наявних порошкових матеріалів досить обмежений, а сертифікація нових і оформлення необхідних технічних паспортів можуть тривати роками, оскільки використання металевих порошків у цій галузі — порівняно нова технологія.

Критично важливими для технології пошарового синтезу за допомогою зварювальної дуги є стабільність процесу зварювання й ефективність відведення тепла. Рівень енергії процесу зварювання має бути достатньо низьким, щоб під час нанесення нового шару не розплавився попередній. Інакше кажучи, процес має бути якомога «холоднішим». Крім того, наварювані шари мають бути безперервними, однорідними та без бризок. Якщо у одному з шарів виникне дефект, його буде відтворено й у наступних.

Процес дугового зварювання металевим електродом у середовищі захисного газу CMT і варіанти керування ним цілком задовольняють ці вимоги. Він забезпечує стабільну зварювальну дугу та тривале контрольоване коротке замикання. Завдяки цим особливостям процесу рівень теплового впливу знижується, а нанесення матеріалу здійснюється майже без бризок. Таким чином він дає змогу запобігти виникненню дефектів.

Для використання з технологією пошарового синтезу за допомогою зварювальної дуги особливо добре підходять два варіанти керування процесом CMT. Перший варіант — характеристика адитивного процесу CMT, який було оптимізовано для використання з технологією пошарового синтезу за допомогою зварювальної дуги. Він забезпечує високу швидкість наплавлення за передачі мінімальної кількості тепла на синтезовану деталь. Другий варіант, а саме CMT Cycle Step, дає змогу додатково знижувати потужність зварювальної дуги за рахунок її керованої деактивації у фазі процесу. Водночас цей відносно «холодний» процес синтезу відрізняється дещо нижчою швидкістю наплавлення, тому за його використання надбудова шарів триває довше.

На сьогодні метод пошарового синтезу за допомогою зварювальної дуги з використанням зварювальних технологій компанії Fronius уже застосовують під час виробництва великого асортименту деталей для різноманітних галузей промисловості. До переліку таких виробів можна включити робочі колеса вентиляторів для електронної промисловості, які виготовляють із високоякісних матеріалів. Виточування подібних деталей із заготовок — надзвичайно дорогога процедура, адже під час таких робіт зазвичай витрачають багато матеріалу. Лиття ж далеко не завжди може забезпечити потрібні металургійні характеристики виробам із товщиною стінок усього 1,5 мм. Технологія пошарового синтезу за допомогою зварювальної дуги, що ґрунтується на CMT Cycle Step, дає змогу виготовляти лопаті вентиляторів зі сплаву на нікелевій основі за адитивним методом. За методом пошарового синтезу за допомогою зварювальної дуги можна навіть ремонтувати деталі.

Партнер із авіаційної галузі допоміг компанії Fronius реалізувати ще один варіант використання цієї технології. В авіаційній промисловості часто використовують титан, оскільки він відрізняється легкістю, а також високою міцністю, пружністю та стійкістю до корозії. Більшість деталей виготовляють способом механічної обробки. Втрати матеріалу в такому разі сягають до 90 %. Загалом це спричиняє високу вартість виробництва, значну тривалість виробничих процесів і зношування дорогого обладнання й інструментів. Водночас, щоб зробити поверхню деталі, яку було виготовлено методом пошарового синтезу за допомогою зварювальної дуги, гладенькою, достатньо лише мінімальної обробки. Титанові компоненти, які виготовлено за адитивним процесом CMT, не мають жодних проблем із недостатнім проплавленням і демонструють вражаючі металургійні характеристики. Впровадження адитивних процесів дає змогу суттєво зменшити витрати на інструменти, а також тривалість обробки та рівень зносу обладнання, а відтак і вартість обробки в цілому.

Зважаючи на всі ці фактори, технологію пошарового синтезу за допомогою зварювальної дуги цілком можна назвати гнучкою й економічною альтернативою традиційним методам виробництва деталей. Адитивний процес із використанням зварювальних технологій від компанії Fronius і процесу CMT можна порівняно легко впровадити на виробництві.



ТОВ «ФРОНІУС УКРАЇНА»  
07455, Київська обл., Броварський р-н,  
с. Княжичі, вул. Слави, 24  
Тел.: +38 044 277-21-41; факс: +38 044 277-21-44  
E-mail: sales.ukraine@fronius.com  
www.fronius.ua