

# З А В Т О М А Т И Ч Н Е 2021 З В А Р Ю В А Н Н Я

Автоматическая сварка

Automatic Welding

Видається 12 разів на рік з 1948 р.

Published 12 times per year since 1948

## ЗМІСТ

Пленарні доповіді X Міжнародної конференції  
«Математичне моделювання та інформаційні  
технології в зварюванні та споріднених процесах»\*

Одеса, 14–18 вересня 2020 р.

- Махненко О.В., Міленін О.С., Великоіваненко О.А., Розинка Г.П., Козлітіна С.С., Півторак Н.І., Дзюбак Л.І.* Прогнозування кінетики температурних полів і напружено-деформованого стану різнопродовольств, виготовлених методом пошарового формування..... 3
- Книш В.В., Клочков І.М., Мотруніч С.І., Покляцький А.Г.* Вплив нерегулярного циклічного навантаження на опір втомі тонколистових зварних з'єднань термічнозмінених алюмінієвих сплавів..... 9
- Костеневич О.С., Рен Ж.* Прогнозування залишкових напружень після зварювання дуплексної сталі з урахуванням фазових перетворень ..... 14
- Семенов О.П., Кривцун І.В., Лихошва А.В., Глухенький О.І., Бондар О.І.* Порівняльний аналіз результатів математичного моделювання процесів тепломасообміну у металі, що зварюється, за допомогою різних програмних засобів ..... 20
- Максимов С.Ю., Берднікова О.М., Приліпко О.О., Алексеєнко Т.О., Половецький Є.В.* Вплив зовнішнього електромагнітного поля на параметри та дефекти кристалічної ґратки металу зварних з'єднань при зварюванні під водою ..... 25
- Махненко О.В., Міленін О.С., Великоіваненко О.А., Розинка Г.П., Півторак Н.І.* Чисельний аналіз особливостей граничного стану зварних трубопровідних елементів в умовах ультрамалоциклового навантаження..... 32
- Ланкін Ю.М., Соловійов В.Г., Романова І.Ю.* Дослідження зміни питомої електропровідності біологічних тканин в результаті локального стиснення електродами при біполярному зварюванні ..... 38
- Губатюк Р.С., Римар С.В., Прокоф'єв О.С., Костін В.А., Дідковський О.В., Мужиченко О.Ф.* Моделювання електромагнітних та теплових полів у процесі індукційного нагріву на малих зразках із наявністю зварного з'єднання високоміцних залізничних рейок..... 44
- Єгорова С.В., Махненко О.В., Саприкіна Г.Ю., Синьок Д.П.* Математичні моделі залежності механічних властивостей від хімічного складу сталей для ЕШЗ..... 50

### ЗВАРЮВАННЯ ЗА КОРДОНОМ

- Роботизований зварювальний осередок для виробництва ковшів екскаваторів ..... 61
- Welding in the World № 1, 2021..... 63

### ПРАКТИКУМ ЗІ ЗВАРЮВАННЯ

- Аргонодугове ТІГ зварювання..... 64

### КОНФЕРЕНЦІЇ, СЕМІНАРИ, ВИСТАВКИ

- Заходи Асоціації технологів-машинобудівників України ..... 65

### ІНФОРМАЦІЯ

- Вимоги до оформлення рукописів статей, що подаються до редакції журналу «Автоматичне зварювання» ..... 66

\* Звіт про конференцію надруковано в журналі «Автоматичне зварювання» №10, 2020.

## CONTENTS

Plenary reports of the X International Conferences  
«Mathematical Modelling and Information Technologies  
in Welding and Related Processes»\*

Odesa, September 14–18, 2020

- Makhenko O.V., Milenin O.S., Velikoivanenko O.A., Rozyinka G.P., Kozlitina S.S., Pivtorak N.I., Dzyubak L.I.* Prediction of the kinetics of temperature fields and stress-strain state of dissimilar products, manufactured by layer-by-layer forming..... 3
- Knysh V.V., Klochkov I.M., Motrunich S.I., Poklyatsky A.G.* Influence of irregular cyclic load on fatigue resistance of thin-sheet welded joints of heat-strengthened aluminium alloys ..... 9
- Kostenevych O.S., Ren J.* Prediction of residual stresses after welding of duplex steel taking into account phase transformations..... 14
- Semenov O.P., Krivtsun I.V., Lykshosha A.V., Hluchenkyi O.I., Bondar O.I.* Comparative analysis of the results of computer simulation of heat transfer and hydrodynamic processes in the metal being welded by means of different software tools..... 20
- Maksimov S.Yu., Berdnikova O.M., Prilipko O.O., Alekseenko T.O., Polovetsky E.V.* Influence of external electromagnetic field on parameters and defects of crystal lattice of metal of welded joints during underwater welding ..... 25
- Makhenko O.V., Milenin O.S., Velikoivanenko O.A., Rozyinka G.P., Pivtorak N.I.* Numerical analysis of the features of limiting state of welded pipeline elements under ultra-low-cycle loading..... 32
- Lankin Yu.M., Solovyov V.G., Romanova I.Yu.* Study of change in specific electrical conductivity of biological tissues as a result of local compression by electrodes in bipolar welding..... 38
- Hubatyuk R.S., Rymar S.V., Prokofiev O.S., Kostin V.A., Didkovsky O.V., Muzhychenko O.F.* Simulation of electromagnetic and thermal fields in the process of induction heating on small specimens with the presence of welded joint of high-strength railway rails..... 44
- Egorova S.V., Makhenko O.V., Saprykina G.Yu., Sineok D.P.* Mathematical models of the dependence of mechanical properties on chemical composition of steels for ESW ..... 50

### WELDING ABROAD

- Robotic welding center for the production of excavator buckets ..... 61
- Welding in the World № 1, 2021..... 63

### WELDING WORKSHOP

- TIG welding ..... 64

### CONFERENCES, SEMINARS, EXHIBITIONS

- Events of the Association of technologists-machine builders of Ukraine ..... 65

### INFORMATION

- Requirements for the preparation of manuscripts of articles submitted to the editorial board of «Automatic Welding» ..... 66

\* The conference report was published in the «Automatic Welding» journal №10, 2020.



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



Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона Національної академії наук України  
Міжнародний науково-технічний та виробничий журнал  
E.O. Paton Electric Welding Institute of National Academy of Sciences of Ukraine  
International Scientific-Technical and Production Journal

## Автоматичне зварювання Автоматическая сварка Automatic Welding

### РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Вчені ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАНУ:  
**С.І. Кучук-Яценко** (головний редактор),  
**В.М. Ліподаєв** (штабний заст. гол. ред.)  
**О.М. Берднікова, Ю.С. Борисов,**  
**В.В. Книш, В.М. Коржик, 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**, Аріельський університет, 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)

### Адреса

ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАНУ  
03150, Україна, Київ-150,  
вул. Казимира Малевича, 11  
Тел.: (38044) 200 2302, 200 8277  
Факс: (38044) 200 8277  
E-mail: journal@paton.kiev.ua  
www.patonpublishinghouse.com/ukr/journal/as

Журнал входить до переліку затверджених  
Міністерством освіти і науки України видань  
для публікації праць здобувачів наукових ступенів за  
спеціальностями 131, 132, 151  
Наказ МОН України № 409 від 17.03.2020.

Рекомендовано до друку  
редакційною колегією журналу

Свідоцтво про державну  
реєстрацію KB 4788 від 09.01.2001

ISSN 0005-111X  
DOI: <http://dx.doi.org/10.37434/as>

### Передплата 2021

Передплатний індекс 70031.

12 випусків на рік (видається щомісячно).

Друкована версія: 2880 грн. за річний комплект

з урахуванням доставки рекомендованою банделроллу.

Електронна версія: 2880 грн. за річний комплект

(випуски журналу надсилаються електронною поштою

у форматі .pdf або для IP-адреси комп'ютера

передплатника надається доступ до архіву журналу).

Передплата можлива на попередні випуски за будь-який рік.

Журнал «Автоматичне зварювання» перевидается

англійською мовою під назвою

«The Paton Welding Journal»:

[www.patonpublishinghouse.com/eng/journals/tpwj](http://www.patonpublishinghouse.com/eng/journals/tpwj)

За зміст рекламних матеріалів  
редакція журналу відповідальності не несе.

### EDITORIAL BOARD

Scientists of E.O. Paton Electric Welding Institute of NASU:  
**S.I. Kuchuk-Yatsenko** (Editor-in-Chief),  
**V.M. Lipodaev** (Staff Deputy Editor-in-Chief)  
**O.M. Berdnikova, Yu.S. Borisov,**  
**V.V. Knysh, V.M. Korzhyk, I.V. Krivtsun,**  
**Yu.M. Lankin, L.M. Lobanov,**  
**S.Yu. Maksimov, M.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)

### Address

E.O. Paton Electric Welding Institute of NASU  
03150, Ukraine, Kyiv-150,  
11 Kasymyr Malevych Str.  
Tel.: (38044) 200 2302, 200 8277  
Fax: (38044) 200 8277  
E-mail: journal@paton.kiev.ua  
[www.patonpublishinghouse.com/eng/journal/as](http://www.patonpublishinghouse.com/eng/journal/as)

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  
in specialties 131, 132, 151.

Order of the MES of Ukraine № 409 of 17.03.2020.

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/10.37434/as>

### Subscription 2021

Subscription index 70031.

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

\$216, subscriptions for the printed (hard copy) version,  
air postage and packaging included.

\$144, subscriptions for the electronic version  
(sending issues of Journal in pdf format  
or providing access to IP addresses).

Subscription is possible for previous issues for any year.

«Avtomatychne Zvaryuvannya» (Automatic Welding)  
journal is republished in English under  
the title «The Paton Welding Journal»:  
[www.patonpublishinghouse.com/eng/journals/tpwj](http://www.patonpublishinghouse.com/eng/journals/tpwj)

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

Підписано до друку 12.01.2021.  
Формат 60×84/8. Офсетний друк. Ум. друк. арк. 7,91.  
Друк ТОВ «ДА».  
03022, м. Київ-22, вул. Васильківська, 45.

## РОБОТИЗОВАНИЙ ЗВАРЮВАЛЬНИЙ ОСЕРЕДОК ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА КОВШІВ ЕКСКАВАТОРІВ

### Тандем зварювання за якість і ефективність.

За допомогою компактного роботизованого осередку компанії Winkelbauer вдалося скоротити час зварювання на 80 % і в той же час підвищити якість продукції.

Компанія Winkelbauer розташована в провінції Східної Штирії, Австрія, поставляє вироби під замовлення компаній виробників будівельної техніки в Австрії і на Європейському ринку вже протягом декількох десятиліть. Winkelbauer, зростаюча компанія, зробила собі ім'я завдяки високій якості вироблених ними ковшів екскаваторів і запасних змінних частин до них, які підходять як для міні-екскаваторів, так і для великої будівельної техніки.

Будівельна техніка є одним з видів техніки, яка найбільш схильна до зносу. Зокрема, високі вимоги пред'являються до ковшів екскаваторів.

З метою раціоналізації виробництва і збільшення продуктивності, Winkelbauer інвестувала в придбання роботизованого зварювального осередку з оффлайн програмуванням з метою економії часу.

Технологія зварювання і вживані матеріали є основними факторами для забезпечення надійності і довговічності. «Ми прагнемо надати кожному нашому замовнику продукт, найбільш підходящий для його застосування», – пояснює керуючий директор Майкл Вінкельбайер. «Завдяки цим факторам збільшується гнучкість, функціональність і безпека будівельної техніки і, отже, мінімізуються витрати на робочу силу і час простою».

Winkelbauer GmbH є машинобудівною компанією в п'ятому поколінні. Бізнес, який почався ще до 1900 р. як майстерня коваля, зараз став високорентабельною компанією. У штаб-квартирі ком-

панії в австрійській провінції Штирія щорічно обробляється близько 2000 т сталі при виробництві допоміжного обладнання для будівельної техніки. Склад компанії – 70 осіб.

«Ви можете знайти наші ковші в багатьох країнах по всьому світу», – говорить з гордістю Майкл Вінкельбайер. Цей успіх не випадковий: «Ми надаємо нашим клієнтам рішення, які краще, ніж норми, і ті вироби, які навіть не є стандартними, можуть бути виготовлені дуже швидко». В даний час середній термін виготовлення складає менше одного тижня. Запас великого асортименту листової сталі і оптимізоване поповнення матеріалів на виробничих площах 6000 м<sup>2</sup> є основою для скорочення часу виготовлення. Не дивно, що компанія Winkelbauer відома як надійний виробник, особливо там, де йде обробка високоміцних сталей.

**Зварювальний робот значно економить час на виробництво кожного ковша.** Як і в багатьох галузях промисловості, в секторі будівельної техніки багато компаній постраждали від величезного збільшення цін на сталь протягом останніх кількох років. Такі компанії, як Winkelbauer, що використовують при виробництві високоміцні дорогі сталі, легко потрапили в цю пастку. «Ціна нашої продукції складається з 50 % матеріалу і 50 % виробничих витрат. Якщо нам потрібно залишатися конкурентоспроможними, це можливо тільки шляхом поліпшення виробництва».

Зварювання вже протягом довгого часу було вузьким місцем при виробництві ковшів вагою до 6 т, тому Winkelbauer не могли істотно збільшувати кількість виготовлених ковшів. У минулому зварювальник вручну зварював один ківш за 40 год, сьогодні зварювальний робот Cloos робить це протягом однієї





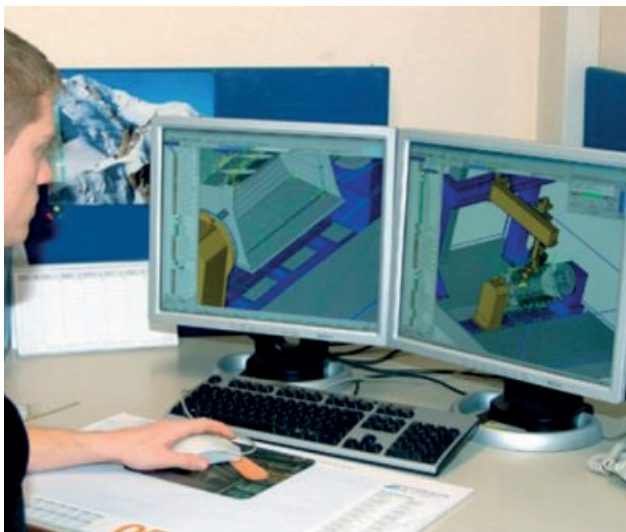


зміни. «Це економить час навіть більше, ніж ми розраховували або очікували», – говорить Майкл Вінкельбайер з радістю, що його рішення про покупку технології Cloos виявилось правильним.

На сьогоднішній день компанія може виробляти для своїх замовників до 600 ковшів в рік. «Наші ковші мають постійно високу якість і відмінний зовнішній вигляд», – говорить Вінкельбайер. Зварювальний робот зварює навіть дуже довгі шви акуратно і майже без бризок, де навіть досвідчений зварник зазнав би невдачі. «Робот, джерело живлення і зварювальні технології ідеально поєднуються і працюють без проблем».

**Оффлайн програмування для швидкого моделювання зварювального процесу.** «Ми можемо зробити навіть дуже великі зміни, необхідні клієнту в програму управління роботом протягом одного дня», – пояснює Портіш Клаус, який відповідає за технологію і планування, в той час переміщаючи ківш екскаватора в різні положення на моніторі. «Всі деталі були збережені в системі 3D CAD і тепер можуть бути завантажені з бібліотеки Cloos Roboplan». Компоненти задаються більше 2000 пунктами і збережені в макросах. «Якщо клієнт хоче, щоб його ковші були більш широкими або модифіковані якимось іншим чином, я можу завантажити ці компоненти і змінити їх відповідним чином».

Як тільки новий ківш екскаватора з'являється на моніторі, програма починає моделювання окре-



мих зварних швів. Беручи до уваги послідовність зварювання, рухи руки робота і кріплення ковша у позиціонуємому пристрої, визначаються оптимальні положення зварних швів таким чином, щоб компенсувати можливі теплові деформації, що виникають в ході зварювального процесу.

«Програма автоматично обчислює координати, які я можу використовувати, щоб управляти роботом», – говорить Портіш. Перевагою системи Roboplan є її легке управління і той факт, що програма може бути запущена на будь-якому комп'ютері. «Після невеликого навчання ця програма може бути використана навіть без знань CAD».

**Виробнича комірка керується роботом, зварювальним устаткуванням і позиціонером.** У той час як інженер Портіш Клаус і його колеги в конструкторському бюро оффлайн програмуєть зварювальний процес для виробу конкретного клієнта, в той час на виробництві на роботі зварюється серія ковшів з постійною якістю. «До 50 кг наплавленого металу використовується для одного ковша», – пояснює Портіш. Система Cloos Duo Drive забезпечує дану продуктивність.

У 70 % різних зварних швів використовується високопродуктивний процес тандем зварювання. Стандартний процес одним дротом, завдяки меншому розміру зварювального пальника, використовується у випадках, коли доступ до зварних швів утруднений. «Ми оснастили роботизований осередок автоматичною системою зміни інструмента, яка включає газовий пальник для підігріву виробу до 150...200 °С, який потрібно для процесу зварювання високоміцних сталей».

Попередній нагрів необхідний для запобігання тріщин в зв'язку з наступним загартуванням», – пояснює Портіш. Існує також станція очищення, яка очищає зварювальне сопло пальника після кожної зміни інструмента.

Зварювальний робот встановлений в перевернутому положенні на пристрої лінійного переміщення, що дозволяє переміщення на 6000 мм по горизонталі. Додаткова зовнішня вісь робота у вигляді телескопічної конструкції дозволяє роботу переміщатися на 1000 мм по вертикалі.

Попередньо зібраний вручну за допомогою прихваток ківш екскаватора фіксується в маніпуляторі, ширина якого може варіюватися. Маніпулятор дозволяє кантувати деталі до 6 м в довжину і вагою до 10 т. За допомогою нього Winkelbauer забезпечила себе резервними потужностями для майбутнього розвитку.

**Імпульсно дугові апарати для оптимального тандем зварювання.** Оптимальні параметри зварювання виходять при використанні двох напівавтоматів для імпульсного зварювання по 600 А

кожен, що дозволяє проводити тандем зварювання або стандартне зварювання одним дротом. Winkelbauer успішно використовує процес тандем. В зварювальному пальнику CLOOS два контактних наконечника розташовані таким чином, що 2 зварювальні дроти мають загальну зварювальну ванну. Щоб гарантувати ідеальне управління процесом, напівавтомати синхронізовані таким чином, що параметри зварювання регулюються окремо для кожної дуги.

Інтелектуальне управління дугою забезпечує оптимальні результати зварювання. Наприклад, за допомогою певного осадження краплі в кінці процесу можна отримати загострений кінець дроту для надійного загоряння дуги. Це гарантує відмінний результат при запалюванні для будь-якого матеріалу.

Щоб переконатися, що пальник завжди знаходиться в кращому становищі щодо зварного шва, задіюється сенсорний датчик. Регулювання подачі дроту відбувається з точністю до 0,05 мм/хв. Налаштування точності вильоту дроту можливо до міліметра. Спеціальний датчик розпізнає ковзання між зварювальним дротом і роликками подачі дроту і відразу може виправити будь-які відхилення.

«В результаті виходить відмінна якість шва навіть з нашими товстостінними виробами, де товщина зварного шва досягає п'яти проходів», – говорить Майкл Вінкельбайер з ентузіазмом. «На додаток, до безпеки, наші клієнти надають великого значення бездоганному зовнішньому вигляду швів. За допомогою зварювальних роботів CLOOS ми відмінно вирішуємо цю задачу». *За матеріалами сайту компанії CLOOS: www.cloos.de/de-en.*

## Welding in the World № 1, 2021

Volume 65, issue 1, January 2021

<https://link.springer.com/journal/40194/volumes-and-issues/65-1>

Розробка покритих металевих дугових зварювальних електродів для досягнення безкарбідних бейнітних мікроструктур зварного шва. *Sudharsanan Sundaram, G. D. Janaki Ram, Murugaiyan Amirthalingam*

Вплив цинку на поведінку руйнування оцинкованої сталі / алюмінієвого сплаву 6061 під час лазерної пайки. *Peilei Zhang, Haichuan Shi, Yingtao Tian, Zhishui Yu, Di Wu*

Зменшення перетворень за допомогою ефекту низької температури для високолегованих сталей при електронно-променевому зварюванні. *F. Akyel, S. Olschok, U. Reisgen*

Експериментальне дослідження щодо поліпшення швидкості осадження присадки на основі газової металевої дуги способом допоміжного подавання дроту. *Qinglin Han, Jia Gao, Changle Han, Guangjun Zhang, Yongzhe Li*

Вплив енергії дуги та складу металу-наповнювача на мікроструктуру металу при адитивному виробництві деталей з дуплексних нержавіючих сталей. *Benjamin Wittig, Manuela Zinke, Sven Jüttner*

Волоконно-лазерне зварювання сталі для гарячого штампування: вплив місцевого відпалу на мікроструктуру та механічні властивості. *Raquel Alvim de Figueiredo Mansur, Vagner Braga, Vinicius Machado Mansur, Daolun Chen, Milton Sergio Fernandes de Lima*

Експериментальна характеристика та поведінка термічно та механічно оброблених MIG-зварних з'єднань з нержавіючої сталі 316L при випробуванні на втому. *Hichem Guizani, Brahim Tlili, Moez Chafra*

Мікроструктура та механічні властивості суперсплавних з'єднань на основі TiAl / Ni, паяних присадним металом на основі Fe. *H. S. Ren, H. P. Xiong, L. Ye, X. Y. Ren, W. W. Li, R. Y. Qin*

Новий підхід для поліпшення пластичності непроникаючих лазерно-зварних колінчатих з'єднань з холоднокатаної нержавіючої сталі 301LN. *Xiangzhong Guo, Wei Liu, Xiqing Li, Jiafei Fan, Zhikun Song*

Поведінка дуги при зварюванні TIG у високочастотному осьовому магнітному полі. *H. Wu, Y. L. Chang, A. Babkin, Boyoung Lee*

Точкове зварювання опором із змінною силою електрода – розвиток та перевага профілю сили для розширення зварюваності 22MnB5 + AS150. *M. Wohner, N. Mitzschke, S. Jüttner*

Робототехнічне неруйнівне випробування автомобільних точкових зварних швів на стійкість. *Changwook Ji, Jeong K. Na, Yoon-Seok Lee, Yeong-Do Park, Menachem Kimchi*

Знос електродів при точковому зварюванні алюмінію AA 6016-T4 з коротким імпульсом. *Eric Schulz, Ahmed Mahjoubi, Matthias Wagner, Holger Schubert, Bharat Balasubramanian, Luke N. Brewer*

Властивості в'язкості при багатошаровому лазерно-променевому зварюванні високоміцних сталей. *Eric Schulz, Ahmed Mahjoubi, Matthias Wagner, Holger Schubert, Bharat Balasubramanian, Luke N. Brewer*

Про використання присадки при газоелектричному дуговому зварюванні деталей із низьковуглецевої сталі: мікроструктура та механічні властивості. *Van Thao Le, Henri Paris*



## АРГОНОДУГОВЕ TIG ЗВАРЮВАННЯ

З усіх процесів дугового зварювання TIG зварювання (Tungsten Inert Gas) найбільш сприяє досягненню високої якості зварювальних швів і є найбільш універсальним у плані того, які різні матеріали можна зварювати і в яких просторових положеннях.

Аргонодугове TIG зварювання є надзвичайно універсальним процесом і може використовуватися при зварюванні практично любых металів, в тому числі і різнорідних, товщиною від 0,3 мм.

Іноді його називають WIG зварюванням, скорочено від Wolfram Inert Gas або аргонодуговим зварюванням на змінному і постійному струмі AC/DC.

### Висока якість зварювального шва в обмін на швидкість зварювання

Висока якість TIG зварювання досягається за рахунок більш тривалого часу, що витрачається на цей процес. TIG зварювання, як правило, повільніше, ніж інші процеси дугового зварювання (MIG або MMA), і застосовується там, де якість має вирішальне значення.

TIG зварювання використовується для зварювання легких металів, таких, як магній, алюміній на змінному струмі DC. Тонкі листи з нержавіючої сталі, титану і сплави з міді, як правило, також зварюються за допомогою цього процесу на постійному струмі DC.

Захисним газом, що найбільш часто використовується для аргонодугового TIG зварювання, є чистий аргон для всіх матеріалів, на відміну від MIG зварювання, де певний газ або газова суміш повинні бути використані для відповідного зварюваного матеріалу.

### TIG зварювання в поєднанні з високою продуктивністю MIG/MAG зварювання

У деяких випадках TIG зварювання використовують в поєднанні з напівавтоматичним

MIG/MAG зварюванням. Наприклад, при з'єднанні труб для морської промисловості TIG застосовується для зварювання корня шва, а MIG для подальшого заповнення розробки з'єднання. Це дає високу якість корня шва в поєднанні зі швидкістю заповнення решти розробки.

При зварювальному процесі TIG використовуються неплавкі вольфрамові електроди і інертний газ (звичай аргон). Вольфрам застосовується в якості матеріалу для електродів з-за його високої температури плавлення і хороших електричних характеристик. Інертний газ використовується в якості захисту зварювальної дуги, електрода і зварювальної ванни від впливу атмосфери. У зварювальну ванну подається присадний дріт в ручному або автоматичному режимі.

### Схема аргонодугового зварювання

Для зварювання процесом TIG потрібна висока кваліфікація зварювальника. Зварювальник повинен тримати зварювальний пальник в одній руці, в той час як іншою рукою повинен забезпечувати подачу присадного металу в ванну. Запалювання дуги є важливим в процесі зварювання. Воно буває контактним і безконтактним.

### Контактне і безконтактне запалювання дуги

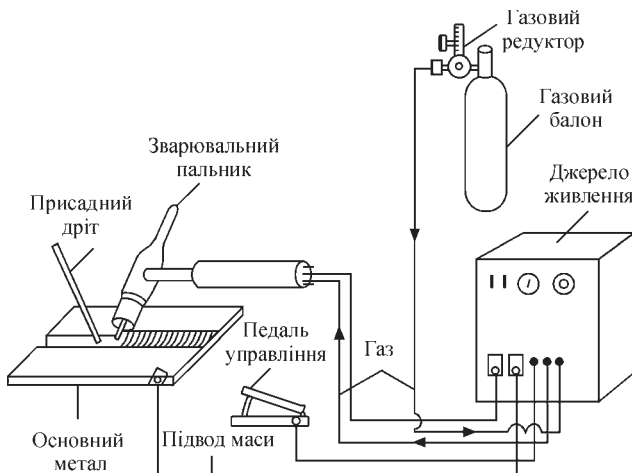
Контактне запалювання дуги відбувається при дотику вольфрамового електрода до виробу, після чого при підйомі пальника збуджується дуга. Даний спосіб запалювання є неоптимальним для аргонодугового TIG зварювання, оскільки при ньому в основному металі залишаються вольфрамові включення, які можуть привести до дефектів зварного шва.

При безконтактному способі запалювання підпал дуги забезпечує височастотний генератор. Зварювальна дуга виникає після натискання на кнопку на зварювальному пальнику при відстані між електродом і виробом 1,5...3,0 мм.

При виборі зварювального апарату TIG повинно знати, яка потрібна потужність джерела для проведення робіт. Необхідно оцінити обсяг робіт в даний час і з прогнозом на майбутнє. Наступне питання – чи потрібен змінний струм або досить постійного струму джерела живлення. Треба мати на увазі, що алюміній і магній зварюються змінним струмом (AC), а нержавіючі сталі, титан і звичайна сталь – за допомогою постійного струму (DC). Якщо потрібно зварювати і те й інше, використовують апарати з постійним і змінним струмом AC/DC.

Апарати для TIG зварювання, як правило, доступні з діапазоном зварювального струму 150...500 А і здатні працювати при струмі від 3 А. TIG апарати можуть бути використані для пайки та зварювання штучними електродами.

[www.smart2tech.ru](http://www.smart2tech.ru)





## ЗАХОДИ АСОЦІАЦІЇ ТЕХНОЛОГІВ-МАШИНОБУДІВНИКІВ УКРАЇНИ

Міжнародний науково-технічний семінар  
«СУЧАСНІ ПИТАННЯ ВИРОБНИЦТВА І РЕМОНТУ В ПРОМИСЛОВОСТІ І НА ТРАНСПОРТІ»  
(м. Львів, кінець лютого – початок березня 2021 р.)

*Тематика семінару:*

- Сучасні тенденції розвитку технології машинобудування.
- Підготовка виробництва як основа створення конкурентоспроможної продукції.
- Стан і перспективи розвитку заготівельного виробництва.
- Удосконалення технологій механічної та фізико-технічної обробки в машино- і приладобудуванні.
- Ущільнюючі технології та покриття.
- Сучасні технології та обладнання в складальному і зварювальному виробництві.
- Ремонт і відновлення деталей машин у промисловості і на транспорті, обладнання для виготовлення, ремонту і відновлення.
- Стандартизація, сертифікація, технологічне управління якістю та експлуатаційними властивостями виробів машино- та приладобудування.
- Впровадження стандартів ДСТУ ISO 9001 у промисловості, вищих навчальних закладах, медичних установах і органах державної влади.
- Метрологія, технічний контроль та діагностика в машино- і приладобудуванні.
- Екологічні проблеми та їх вирішення у сучасному виробництві.

Міжнародна науково-технічна конференція  
«ІНЖЕНЕРІЯ ПОВЕРХНІ ТА РЕНОВАЦІЯ ВИРОБІВ»  
(м. Свалява, Закарпатська обл., кінець травня – початок червня 2021 р.)

*Тематика конференції:*

- Наукові основи інженерії поверхні: матеріалознавство; фізико-хімічна механіка матеріалів; фізико-хімія контактної взаємодії; зносо- і корозійна стійкість, міцність поверхневого шару; функціональні покриття і поверхні.
- Тертя, знос і змащування в машинах.
- Технологічне управління якістю та експлуатаційними властивостями деталей машин.
- Технологія ремонту машин, відновлення і зміцнення деталей.
- Метрологічне забезпечення ремонтного виробництва, впровадження стандартів ДСТУ ISO 9001 у промисловості
- Екологія ремонтно-відновлювальних робіт.

В рамках конференції проводиться практичний семінар «Зварювання, наплавлення та інші реноваційні технології на підприємствах гірничо-металургійної та машинобудівної промисловості».

Міжнародна науково-практична конференція з діючими семінарами  
«ЯКІСТЬ, СТАНДАРТИЗАЦІЯ, КОНТРОЛЬ: ТЕОРІЯ І ПРАКТИКА» (КСК-21)  
(м. Одеса, початок вересня 2021 р.)

*Тематика конференції:*

- Побудова національних систем технічного регулювання в умовах членства в СОТ і ЄС: теорія і практика.
- Процесно-орієнтовані інтегровані системи управління: теорія і практика.
- Стандартизація, сертифікація, управління якістю в промисловості, електроенергетиці, сільському господарстві та сфері послуг.
- Впровадження стандартів ДСТУ 9001 у вищих навчальних закладах, медичних установах і органах державної служби.
- Метрологічне забезпечення і контроль якості продукції в промисловості, електроенергетиці, сільському господарстві та сфері послуг.
- Впровадження інформаційних технологій в процеси адаптації, сертифікації та управління якістю.
- Проблеми гармонізації законодавчої та нормативно-технічної документації.

В зв'язку з невизначеною епідеміологічною ситуацією в Україні уточнені дати і місце проведення заходів будуть повідомлені додатково.

[www.atmu.net.ua](http://www.atmu.net.ua)

## ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ РУКОПИСІВ СТАТЕЙ, ЩО ПОДАЮТЬСЯ ДО ЖУРНАЛУ «АВТОМАТИЧНЕ ЗВАРЮВАННЯ»

Журнал «Автоматичне зварювання» є науковим фаховим виданням України у галузі технічних наук. В журналі публікуються результати досліджень за напрямками: матеріалознавство та металургія зварювання і споріднених технологій; технології та матеріали для зварювання конструкційних матеріалів; виробництво зварних металоконструкцій для різних галузей промисловості; відновлювальний ремонт для продовження ресурсу зварних конструкцій і вузлів; проблеми міцності, конструювання та оптимізації зварних конструкцій; технології 3D друку, які базуються на зварювальних процесах.

До публікації приймаються оригінальні, раніше неопубліковані статті, що містять результати фундаментальних теоретичних розробок та найбільш значних прикладних досліджень. Статті подаються українською або англійською мовами у форматі \*.doc.

### До рукописів додаються:

- супроводжувальний лист, підписаний керівником підрозділу чи установи, де виконувалася робота;
- ліцензійний договір на використання рукопису: передача «Видавцю» авторського права на опублікування статті (форма ліцензійного договору за посиланням <https://patonpublishinghouse.com/ukr/journals/as/license>);
- повна поштова адреса одного з авторів, контактний телефон та адреса електронної пошти;
- копія документа про передплату авторським колективом щонайменше одного екземпляра відповідного номера журналу «Автоматичне зварювання» та «The Paton Welding Journal» (рахунки на передплату можна отримати за посиланням <https://patonpublishinghouse.com/ukr/journals/as/subscription>, або у редакції).

Рукопис та документи надсилаються авторами: з України – поштою (2 екз.) та електронною поштою; з закордону – електронною поштою на адресу: [journal@paton.kiev.ua](mailto:journal@paton.kiev.ua).

### Видавниче оформлення

Структура статті має складатися з таких блоків:

1. Блок українською (англійською) мовою, якщо стаття написана українською (англійською) мовою:
  - шифр УДК;
  - назва статті;
  - прізвище(а), ім'я, по-батькові та посилання на профілі в ORCID або Scopus Author ID кожного із авторів (кількість авторів не більш 5-ти);
  - повні назва та поштова адреса організації, де працюють автори;
  - електронні адреси авторів;
  - анотація та ключові слова (1500...1800 знаків).

Анотація повинна бути змістовною, не повторювати назву, не містити загальних фраз, не дублювати розділ «Висновки», а відобразити короткий зміст статті (мета, задачі, методи дослідження, результати).

Стаття має бути структурована за такими розділами: Вступ, де окреслено постановку проблеми, актуальність обраної теми, аналіз останніх досліджень та публікацій, мету й завдання роботи; Виклад основного матеріалу дослідження і отриманих результатів; Висновки, де підведено підсумки роботи та перспективи подальших досліджень у цьому напрямі (наприкінці основного тексту можливо вказати джерело фінансування роботи); Список використаної літератури.

Список пронумерованих літературних джерел кількістю до 10-15 найменувань, на які посилається автор (самопосилань до 30 % загальної кількості; посилань на джерела до 2000 р. не більше 30 % загальної кількості; бажано не використовувати джерела, які малодоступні для широкої наукової аудиторії). 2. Блок латиницею (аналогічно Блоку 1):

- назва статті англійською мовою;
- ініціали та прізвище(а) автора(ів), звертаючи особливу увагу на правильність написання прізвищ та ініціалів англійською мовою;
- офіційна назва установи, повна поштова адреса англійською мовою без скорочень;
- електронні адреси авторів;
- анотація та ключові слова (1500...1800 знаків) англійською мовою;
- список літературних джерел: латиницею прізвища авторів; назви журналів в літературних джерелах транслітерацією кирилиці; назви статей англійською мовою. Після кожного такого посилання в дужках необхідно вказати мову оригінала статті – [in Ukrainian], [in Russian] або [in English].

Назви джерел представляються без будь-яких скорочень.

Транслітерацію українського алфавіту латиницею виконують згідно з постановою Кабміну № 55 від 27.01.2010 р. (<http://zakon.rada.gov.ua/>)

Текст статті подається обсягом не більше 15–20 сторінок (міжрядковий інтервал – 2,0).

Опис макета статті: текстовий редактор Microsoft Word 97–2003, редактор формул MathType 6.9 (не вище). Формат паперу А4.

Стиль основного тексту: міжрядковий інтервал – 2,0; шрифт – Times New Roman 12 pt; вирівнювання по ширині; автоматична розстановка перенесень – вимкнена, перший рядок – відступ 0,5 см; Назва статті – шрифт 14 pt, розміщення по центру. Стаття оформлюється без колонтитулів.





**Стиль формул:** математичні формули створюються у вигляді окремих об'єктів у редакторі формул – MathType 6.9 (не вище); шрифт – Times New Roman 11 pt; вирівнювання по центру; нумерація у круглих дужках праворуч (вбудований в Microsoft Word редактор формул – не використовувати). Не допускається представлення формули та її номера у вигляді таблиці. Символи у формулах та у тексті повинні мати однакові зображення. Об'єкти MathType у тексті статті розташовувати небажано.

Фізичні, хімічні, технічні та математичні терміни, одиниці фізичних величин та умовні позначення, що використовуються у статті, мають бути загальноприйнятими. Скорочення одиниць фізичних величин мають відповідати вимогам Міжнародної системи одиниць СІ (SI).

**Стиль ілюстрацій:** ілюстрації (рисунок та/або фотографії) (не більше 10) виконуються у форматах BMP, JPG, TIFF (300 dpi) з підписаними підписами і вставляються у текст як «рисунок». Шрифт тексту на рисунках – Times New Roman 11 pt. Застосування альбомної орієнтації не допускається. Редакція залишає за собою право на заміну повнокольорових ілюстрацій на чорно-білі при друці накладу журналу.

**Стиль таблиць:** табличний редактор – Word; таблиці подавати у тексті; шрифт Times New Roman 11 pt. Якщо таблиць декілька (всього не більше 5), кожна повинна мати порядковий номер (без знака №) та назву. Позначення «Таблиця 1. ...» друкується ліворуч над таблицею жирним шрифтом 11 pt.

**Стиль літератури:** список нумерованих літературних джерел, на які посилається автор, оформлюється згідно зі стандартом «Harvard».

Кожне джерело – з абзацу, шрифт – Times New Roman 11 pt. У тексті цитоване джерело позначається у квадратних дужках цифрою, що відповідає його номеру у списку літератури. До усіх цитованих джерел повинен застосовуватися один і той самий стандарт, тобто порядок надання даних у посиланнях та розділові знаки повинні бути однаковими. Скорочення назв цитованих джерел і кількість авторів не припускається. Надавати ідентифікатор DOI для посилань, які їх мають.

Статті, оформлені з недодержанням вказаних вимог, повертаються автору без розгляду. Датою надходження до редакції вважатиметься дата повторного надходження статті, оформленої згідно з вищевказаними вимогами.

Після отримання рукопису статті згідно вимог редакції вона представляється на редколегії журналу, на якій призначається рецензент. Мінімальний термін, через який автори отримають зауваження рецензента, складає 2 місяці від дати отримання статті. Редколегія проводиться щомісячно в ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАН України.

Детальнішу інформацію можна одержати в редакції за тел.: (38044) 200-82-77; 200-23-02 та на сайті журналу <https://patonpublishinghouse.com/ukr/journals/as/>.

Поштова адреса редакції журналу «Автоматичне зварювання»: вул. Казимира Малевича (Боженка), 11, м. Київ, 03150, Україна.

Електронна адреса: [journal@paton.kiev.ua](mailto:journal@paton.kiev.ua).

Сайт: <https://patonpublishinghouse.com/ukr/journals/as/>.

# ЖУРНАЛИ для професіоналів



Видається з 1948 р.  
Виходить 12 разів на рік  
ISSN 0005-111X  
[doi.org/10.37434/as](https://doi.org/10.37434/as)  
Передплатний індекс 70031

Видається з 2000 р.  
Виходить 12 разів на рік  
ISSN 0957-798X  
[doi.org/10.37434/twj](https://doi.org/10.37434/twj)  
Передплатний індекс 21791



Видається з 1989 р.  
Виходить 4 рази на рік  
ISSN 0235-3474  
[doi.org/10.37434/tcnk](https://doi.org/10.37434/tcnk)  
Передплатний індекс 74475



Видається з 1985 р.  
Виходить 4 рази на рік  
ISSN 2415-8445  
[doi.org/10.37434/sem](https://doi.org/10.37434/sem)  
Передплатний індекс 70693

Журнали входять до Переліку наукових фахових видань України

(380-44) 200-8277  
[journal@paton.kiev.ua](mailto:journal@paton.kiev.ua)  
[www.patonpublishinghouse.com](https://www.patonpublishinghouse.com)

# ПЕРЕДПЛАТА 2021

Журнали	Вартість передплати на друковані версії журналів*, грн.			
	місяць	квартал	пів року	рік
«Автоматичне зварювання», видається з 1948 р., 12 випусків на рік. ISSN 0005-111X. Передплатний індекс 70031.	240	720	1440	2880
«Сучасна електromеталургія», видається з 1985 р., 4 випуски на рік. ISSN 2415-8445. Передплатний індекс 70693.	–	240	480	960
«Технічна діагностика та неруйнівний контроль», видається з 1989 р., 4 випуски на рік. ISSN 0235-3474. Передплатний індекс 74475.	–	240	480	960
«The Paton Welding Journal»**, видається з 2000 р., 12 випусків на рік. ISSN 0957-798X. Передплатний індекс 21971.	520	1560	3120	6240

\*Вартість з урахуванням доставки рекомендованою банделроллю.

\*\*«The Paton Welding Journal» – переклад журналу «Автоматичне зварювання» на англійську мову.

Передплату на журнали можна оформити по каталогах передплатних агентій «УКРПОШТА», «Преса», «Прес Центр», «АС Медіа» та у видавництві. Передплата через видавництво з любого місяця на любой термін, в т.ч. на попередні періоди та окремі статті, починаючи з першого року видання.

*Передплата на електронну версію журналів.*

Вартість передплати на електронну версію журналів дорівнює вартості передплати на друковану версію. Випуски журналу надсилаються електронною поштою у форматі pdf або для IP-адреси комп'ютера передплатника надається доступ до відповідних архівів журналу.

*Передплата через сайт видавництва:*

<https://patonpublishinghouse.com/ukr/journals/as/subscription>

<https://patonpublishinghouse.com/ukr/journals/sem/subscription>

<https://patonpublishinghouse.com/ukr/journals/tdnk/subscription>

<https://patonpublishinghouse.com/eng/journals/tpwj/subscription>

На сайті видавництва у 2020 р. доступні для вільного копіювання випуски журналів з 2007 по 2018 рр.



Журнал «Автоматичне зварювання» є міжнародним науково-технічним та виробничим журналом у галузі технічних наук. В журналі публікуються результати досліджень за напрямками: матеріалознавство та металургія зварювання, наплавлення та інших споріднених технологій; технології та матеріали для зварювання конструкційних матеріалів; виробництво зварних металоконструкцій для різних галузей промисловості; відновлювальний ремонт для подовження ресурсу зварних конструкцій і вузлів; проблеми міцності, конструювання та оптимізації зварних конструкцій; технології 3D друку, які базуються на зварювальних процесах; гібридні технології зварювання. В журналі публікується також інформація про нові зварювальні матеріали, джерела живлення та технології; звіти про виставки, конференції та семінари, анонси нових книг та винаходів, новини від відомих компаній та інше.



Журнал «Сучасна електromеталургія» є міжнародним науково-теоретичним та виробничим журналом у галузі технічних наук. В журналі публікуються результати досліджень у сферах: металургія чорних і кольорових металів та сплавів; спеціальна електromеталургія (електрошлакова, електронно-променева, плазмова- та вакуумно-дугова технології); нові матеріали; енерго- і ресурсозбереження; матеріалознавство, 3D технології у спеціальній електromеталургії. Публікується також допоміжна інформація з тематики журналу.



Журнал «Технічна діагностика та неруйнівний контроль» є міжнародним науково-технічним та виробничим журналом у галузі технічних наук. В журналі публікуються результати досліджень з діагностики матеріалів і конструкцій та методи неруйнівного контролю для оцінки стану матеріалів і конструкцій; теорія, методи і засоби технічної діагностики. Розміщуються матеріали з моніторингу конструкцій та подовження ресурсу та працездатності засобами НК. Публікується супутня інформація з тематики журналу, а також інформація про події та новини в Українському товаристві НК та ТД.

## РЕКЛАМА В ЖУРНАЛАХ

Реклама публікується на обкладинках і внутрішніх вклейках журналів.

Перша сторінка обкладинки – 200x200 мм.

Друга, третя і четверта сторінки обкладинки – 200x290 мм.

Перша, друга, третя, четверта сторінки внутрішньої обкладинки – 200x290 мм.

Вклейка А4 – 200x290 мм. Розворот А3 – 400x290 мм. А5 – 185x130 мм.

Розміри журналів після обрізу 200x290 мм.

Всі файли в форматі IBM PC, кольорова модель СМΥК, роздільна здатність 300 dpi.

## ВАРТІСТЬ РЕКЛАМИ

Ціна договірною. Передбачена система знижок. Вартість публікації статті на правах реклами становить половину вартості рекламної площі. Публікується тільки профільна реклама з тематики журналів. Відносно вартості, знижок та термінів публікації прохання звертатися у видавництво.

## ВИДАВНИЦТВО

Міжнародна Асоціація «Зварювання»  
03150, Київ, вул. Казимира Малевича, 11  
Тел./факс: 38044 200-82-77  
E-mail: [journal@paton.kiev.ua](mailto:journal@paton.kiev.ua)  
<https://patonpublishinghouse.com>