

З А В Т О М А Т И Ч Н Е 3 2025 З В А Р Ю В А Н Н Я

«Автоматичне зварювання»

«Avtomatychne Zvaryuvannya» (Automatic Welding)

Видається з 1948 р.

www.patonpublishinghouse.com/ukr/journals/as

Published since 1948

ЗМІСТ

НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

- Кривцун І.В., Момот А.І., Денисенко І.Б. Модель анодного шару електричної дуги з анодом, що випаровується..... 3
- Ахонін С.В., Білоус В.Ю., Селін Р.В., Шваб С.Л., Петриченко І.К., Радченко Л.М. Аргондугове зварювання жароміцного титанового сплаву із застосуванням активуючих флюсів..... 10
- Жданов С.Л., Гайворонський О.А., Позняков В.Д., Baudin T., Zavdoveev A.V., Gerasymenko A.M., Bogodist R.V. Вплив дугового зварювання та високочастотного механічного проковування на механічні властивості та опір крихкому руйнуванню зварних з'єднань сталі S420NL 17
- Головко В.В., Костін В.А., Жуков В.В. Вплив дисперсних оксидів на кінетику структурних перетворень металу зварних швів..... 23

ВИРОБНИЧИЙ РОЗДІЛ

- Скрябінський В.В., Нестеренков В.М., Русиник М.О., Загорніков В.І., Гончаренко О.І., Ключков І.М. Вплив технології електронно-променевого зварювання на ширину зони знеміцнення алюмінієвого сплаву 2219 33
- Вієлянська Н.В., Senderowski C., Цимбаліста Т.В., Янцевич К.В., Кільдій А.І., Гудименко О.Й. Детонаційне напылення покриттів, що містять MAX-фазу Cr_2AlC 39
- Рябцев І.О., Бабінець А.А., Рябцев І.І., Лентюгов І.П. Методи підвищення втомної довговічності наплавлених деталей (Огляд) 45
- Левченко О.Г. Шкідливі та небезпечні фактори зварювальних процесів..... 51
- Максимов С.Ю., Бабінець А.А., Лентюгов І.П., Осін В.В. Зварювально-технологічні властивості економнолегованих порошкових дротів для зміцнення та відновлення деталей дуговим наплавленням..... 56

ІНФОРМАЦІЯ

- 20 років СМТ..... 61
- Коливач PM-WMO-120..... 62

CONTENTS

SCIENTIFIC AND TECHNICAL

- Krivtsun I.V., Momot A.I., Denysenko I.B. Model of the anode layer of an electric arc with an evaporating anode.....3
- Akhonin S.V., Bilous V.Yu., Selin R.V., Schwab S.L., Petrychenko I.K., Radchenko L.M. High-temperature titanium alloy TIG welding using activating fluxes 10
- Zhdanov S.L., Haivoronsky O.A., Poznyakov V.D., Baudin T., Zavdoveev A.V., Gerasymenko A.M., Bogodist R.V. Impact of arc welding and high frequency mechanical peening on the mechanical properties and resistance to brittle fracture of welded joints of S420NL steel..... 17
- Holovko V.V., Kostin V.A., Zhukov V.V. Dispersed oxides influence on the kinetics of the weld metal structural transformations 23

INDUSTRIAL

- Skryabskiy V.V., Nesterenkov V.M., Rusynuk M.O., Zagornikov V.I., Goncharenko O.I., Klochkov I.M. Influence of electron beam welding technology on the width of the softening zone of 2219 aluminum alloy..... 33
- Vigilianska N.V., Senderowski C., Tsymbalista T.V., Iantsevitch K.V., Kildiy A.I., Gudymenko O.Yo. Detonation spraying of coatings containing the Cr_2AlC MAX-phase..... 39
- Ryabtsev I.O., Babinets A.A., Ryabtsev I.I., Lentyugov I.P. Methods for increasing fatigue life of deposited parts (Review)..... 45
- Levchenko O.G. Harmful and dangerous factors of the welding processes 51
- Maksymov S.Yu., Babinets A.A., Lentyugov I.P., Osin V.V. Welding and technological properties of economically alloyed flux-cored wires for strengthening and repair of parts by arc surfacing..... 56

INFORMATION

- 20 years of CMT 61
- Oscillator PM-WMO-120..... 62



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»

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Вчені ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАНУ (Київ):
І.В. Кривцун (головний редактор),
О.М. Берднікова, В.В. Книш,
В.М. Коржик, В.А. Костін, Ю.М. Ланкін,
Л.М. Лобанов, С.Ю. Максимов,
О.В. Махненко, М.О. Пашин,
В.Д. Позняков, І.О. Рябцев,
І.Ю. Романова – відповідальний секретар;
В.В. Дмитрик, НТУ «ХПІ», Харків;
В.В. Квасницький, Є.П. Чвертко,
НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», Київ;
А.Л. Маїстренко,
Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАНУ;
В.В. Перемітько,
Дніпровський державний технічний університет, Кам'янське;
У. Райсген, Інститут зварювання та з'єднань,
Аахен, Німеччина.
Виконавчий директор – О.Т. Зельніченко,
Міжнародна Асоціація «Зварювання», Київ

Видавець

Міжнародна Асоціація «Зварювання»

Адреса редакції

ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАНУ
03150, Україна, Київ, вул. Казимира Малевича, 11
Тел./факс: (38044) 205-23-90
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, 141, 151.
Наказ МОН України № 409 від 17.03.2020.

Рекомендовано до друку редакційною колегією журналу

Журнал зареєстровано Національною радою України з
питань телебачення і радіомовлення 9 травня 2024 року,
ідентифікатор медіа R30-04566.
ISSN 3041-2374 print
ISSN 3041-234X online
DOI: <http://dx.doi.org/10.37434/as>

Передплата 2025

Передплатний індекс 70031.
6 випусків на рік (видається раз на два місяці).
Друкована версія: 1800 грн. за річний комплект
з урахуванням доставки рекомендованою банделроллю.
Електронна версія: 1800 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.
Статті з журналу «Автоматичне зварювання» вибірково
перевідаються англійською мовою в журналі
«The Paton Welding Journal»:
www.patonpublishinghouse.com/eng/journals/tpwj

За зміст рекламних матеріалів
видавець відповідальності не несе.

EDITORIAL BOARD

Scientists of E.O. Paton Electric Welding Institute
of NASU (Kyiv, Ukraine):
I.V. Krivtsun (Editor-in-Chief),
O.M. Berdnikova, V.V. Knysh,
V.M. Korzhyk, V.A. Kostin, Yu.M. Lankin,
L.M. Lobanov, S.Yu. Maksimov,
O.V. Makhnenko, M.O. Pashchin,
V.D. Poznyakov, I.O. Ryabtsev,
I.Yu. Romanova – Executive Secretary;
V.V. Dmitrik, NTU «Kharkiv Polytechnic Institute»,
Kharkiv, Ukraine;
V.V. Kvasnytskyi, E.P. Chvertko, NTUU «Igor Sykorsky
Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine;
A.L. Maistrenko, V. Bakul Institute for Superhard Materials
of the NASU, Kyiv, Ukraine;
V. V. Peremitko, Dniprovsky State Technical University,
Kamianske, Ukraine;
U. Reisgen, Welding and Joining Institute, Aachen, Germany.
Executive Director – O.T. Zelnichenko,
International Association «Welding», Kyiv, Ukraine

Publisher

International Association «Welding»

Editorial office

E.O. Paton Electric Welding Institute of NASU
03150, Ukraine, Kyiv, 11 Kazymyr Malevych Str.
Tel./fax: (38044) 205-23-90
E-mail: journal@paton.kiev.ua
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, 141, 151.

Order of the MES of Ukraine № 409 of 17.03.2020.

Recommended for publishing Editorial Board of the Journal

The Journal was registered by the National Council of Ukraine
on Television and Radio Broadcasting on 09.05.2024,
carrier identifier R30-04566.
ISSN 3041-2374 print
ISSN 3041-234X online
DOI: <http://dx.doi.org/10.37434/as>

Subscription 2025

Subscription index 70031.
6 issues per year, back issues available.
\$192, subscriptions for the printed (hard copy) version,
air postage and packaging included.
\$156, 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.
Articles from «Автоматичне Зварювання» (Automatic Welding)
journal is republished selectively in English in
«The Paton Welding Journal»:
www.patonpublishinghouse.com/eng/journals/tpwj
Publisher is not responsible
for the content of the promotional material.

Підписано до друку 12.06.2025.
Формат 60×84/8. Офсетний друк. Ум. друк. арк. 7,4.
Друк ТОВ «ДІА». 03022, м. Київ-22, вул. Васильківська, 45.



20 років CMT як Fronius увійшла в історію зварювання

Уявіть, що вам кажуть: звичайна лампочка кардинально змінить технологію зварювання. Ви б у це повірили? «Але саме так і сталося», — розповідає Йозеф Артельсмайр, один з винахідників процесу зварювання CMT від Fronius. Ще двадцять років тому ніхто й подумати не міг, що з'явиться така революційна технологія.

Сьогодні Cold Metal Transfer (CMT) — це найсучасніший спосіб відриву крапель. Зворотно-поступальний рух дроду створює надзвичайно стабільну дугу.

Результат — приблизно на третину менше теплове навантаження і майже вдвічі вища швидкість зварювання порівняно з традиційною дугою короткого замикання. Там, де раніше використовували клей або паяльник, тепер можна зварювати — майже без бризок. Але це ще не все: вперше в історії стало можливим термічно з'єднувати оцинковану сталь з алюмінієм.

І все почалося з лампочки. Унікальні властивості CMT роблять цей процес придатним майже для будь-якої сфери застосування. «Ми й самі не очікували такого», — зізнається Йозеф «Джо» Артельсмайр. Адже спочатку він із колегами просто мали знайти рішення для виробника ламп Osram.

у серійне виробництво», — додає Артельсмайр. Після завершення проєкт просто відклали.

Але ідея повторного відриву крапель не давала Джо спокою — він бачив у цьому потенціал для створення цільного зварного шва. «Ключовим було зробити дріт швидшим, набагато швидшим. Але з мотором, який ми мали, це було неможливо — через інерцію редуктора він міг забезпечити лише 10 рухів уперед-назад за секунду».

Перфекціонізм як двигун інновацій. «Тоді ніхто не думав про сталь. Ми зосереджувалися на алюмінії та дуже тонкому листовому металі, хоча ринку для цього тоді майже не існувало. Але ми не здавалися і працювали з дедалі більшою потужністю», — пояснює Артельсмайр, дипломований інженер-електрик.

Команда постійно щось удосконалювала — підтягувала один гвинт тут, збільшувала потужність керування мотором там. Шлях був довгим, із багатьма невдачами, перш ніж CMT дозрів до того вигляду, який ми знаємо сьогодні. Про його стійкість свідчить і той факт, що в 2025 році процес святкує своє 20-річчя.

«Один із колег навіть казав, що CMT завжди зали-



Разом з командою розробників Джо Артельсмайр провів численні тести

У країнах з високим вмістом солі в повітрі цокілі й контакти лампочок сильно кородували. Щоб підвищити їхню стійкість, запропонували змінити матеріал цокілів і замість м'якого припою використовувати зварювання. Ідея була простою, але в реалізації — неможливою, бо традиційні методи зварювання перегрівали матеріал і цокілі ламп постійно тріскалися.

Osram звернулась до Fronius: «У нас уже була технологія запалювання дуги без бризок — це й стало основою. Ми вдосконалили цей процес і доопрацювали зворотно-поступальний рух дроду, тож змогли з'єднувати контакти лампочок за допомогою зварювання або паяння з використанням припою в якості наповнювального матеріалу», — пояснює Артельсмайр.

Неможливого не існує. Команда створила дві машини, які за допомогою однієї або двох крапель виконували дугове зварювання для Osram. «Це було лише спеціальне замовлення, яке ніколи не планували запускати

шиться нішевим продуктом — що воно того не варте, і краще забути», — пригадує винахідник.

Хто б не здався у такій ситуації? «Я завжди був трохи перфекціоністом», — сміється Артельсмайр. Ще в дитинстві він захоплювався електронікою і любив майструвати.

Пристрасть і наполегливість — ось секрет успіху. Йозеф Артельсмайр залишає по собі справжню частину історії зварювання — завдяки процесу Fronius CMT.

«Ніколи не опускайте руки — проявіть характер і не здавайтеся. Не дозволяйте нікому й нічому переконати вас, що це неможливо», — ділиться він порадами з майбутніми розробниками.

«Технічний прогрес вимагає не лише амбіцій, а й великої пристрасі. Тільки так ми зможемо безперервно вдосконалювати технології зварювання!»

За матеріалами <https://blog.perfectwelding.fronius.com/en/development-fronius-cmt/>

КОЛИВАЧ PM-WMO-120

Коливач PM-WMO-120 призначений для поперечних коливань плазмотрона або зварювального пальника при наплавленні та зварюванні з метою збільшення ширини валика.

- Може інтегруватись у загальну систему керування установки
- Тип приводу – кроковий двигун
- При наплавленні, не зупиняючи процес, можна змінювати ширину та швидкість коливань, а також положення осрової лінії валика
- Можливість незалежно регулювати затримки по краях валика, що наплавляється
- При включенні коливань, залежно від вибраного режиму, плазмотрон (зварювальний пальник) може стартувати від осрової лінії або від одного з країв
- При вимкненні коливань, залежно від вибраного режиму, плазмотрон (зварювальний пальник) може зупинитися на осрової лінії або на одному з країв
- Напрямна повністю захищена від попадання на неї зварювальних бризок та порошку

Технічні характеристики

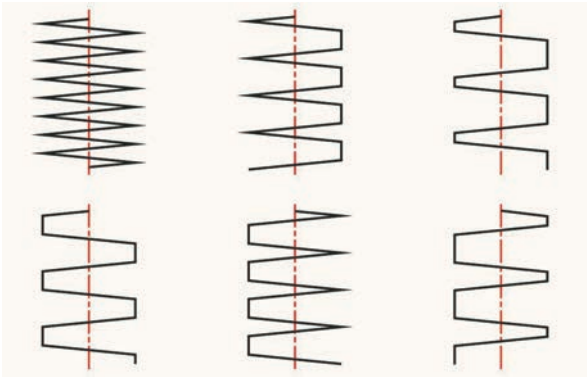
Живлення установки	1x230 V, 50/60 Hz
Несуча спроможність, не більше, кг	10
Швидкість поперечного переміщення, мм/с	0-50
Ширина коливань, мм	0-100
Час вистоїв в кінці ходу лівий/правий, з	0,0-2,0
Хід каретки, мм	120
Габарити (дхшхв), мм:	
механізм коливань	254x184x187
блок управління	240x220x140
Маса, кг	
Механізм коливань	6,1
Блок управління	4,2



Вертикальне розташування комунікацій



Горизонтальне розташування комунікацій



Траєкторії руху робочого інструменту

Коликач PM-WMO-120 може застосовуватися в наступних зварювальних процесах:

- Плазмова наплавка (РТА/PTAW)
- Плазмове зварювання (PAW)
- Електродугове наплавлення в захисних газах (GMAW/GMAWP)
- Наплавлення неплавким електродом у захисних газах (GTAW)
- Наплавлення самозахисними порошковими дротами (FCAW)

За матеріалами <http://plasma-master.com>