

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

10
2023

Автоматическая сварка

Видається 12 разів на рік з 1948 р.

Automatic Welding

Published 12 times per year since 1948

ЗМІСТ

ДУГОВЕ ЗВАРЮВАННЯ ТА НАПЛАВЛЕННЯ

Гайворонський О.А., Позняков В.Д., Жданов С.Л.,
Завдовеев А.В., Максименко А.О., Денисенко А.М.
Структура і властивості зварних з'єднань сталі 13ХГМРБ
при імпульсно-дуговому зварюванні 3

Максимов С.Ю., Фадеева Г.В., Радзієвська А.А., Васильєв Д.В.
Особливості зварювання дулексних нержавіючих сталей
при мокрому підводному зварюванні в порівнянні
зі зварюванням на повітрі (Огляд) 10

Моравецький С.І., Царюк А.К., Скульський В.Ю., Німко М.О.
Технологічні умови зварювання теплостійких низьколег-
ованих сталей покритими електродами 19

Соловйов В.Г., Ланкін Ю.М., Романова І.Ю. Використання
нейронних мереж для контролю та керування режимами
дугового наплавлення порошковими дротами 30

ПРОМЕНЕВІ ТЕХНОЛОГІЇ

Нестеренков В.М., Хрипко К.С., Лук'янов В.В., Сисоєв М.О.,
Чернявський В.В. Технологія та обладнання для електронно-
променевого спікання твердосплавних заготовок 37

3D ДРУК

Соколовський М.В., Бернацький А.В., Шамсутдінова Н.О.,
Юрченко Ю.В., Данилейко О.О. Адитивне виготовлення
конструктивних елементів на тонкостінній основі: виклики
та труднощі (Огляд) 45

СВС-ПРОЦЕС

Устінєв А.І., Кулініч М.В., Косінцев С.Г. Вплив теплових
контактів на нагрів алюмінієвих пластин у нестационарних
умовах розігріву за допомогою СВС-процесу 53

ЗАХИСНІ ПОКРИТТЯ

Грищенко О.П., Вігілянська Н.В., Бурлаченко О.М.,
Ц. Сендеровські, Горбань В.Ф. Дослідження впливу три-
валості часу механохімічного синтезу наноструктурного
порошку (Fe, Ti)₃Al на характеристики плазмових покриттів 60

ІНФОРМАЦІЯ

Fronius допомагає клієнтам розкрити
свій зварювальний потенціал 66

CONTENT

ARC WELDING AND SURFACING

Haivoronskyi O.A., Poznyakov V.D., Zhdanov S.L., Zavdoveev A.V.,
Maksymenko A.O., Denysenko A.M. Structure and properties
of welded joints of 13KhGMRB steel in pulsed-arc welding 3

Maksymov S. Yu., Fadejeva G. V., Radzijevska A. A., Vasylyev D. V.
Features of welding duplex stainless steels in wet underwater
welding in comparison with welding in air (Review) 10

Moravetskyi S. I., Tsaryuk A. K., Skulskyi V. Iu., Nimko M. O.
Technological conditions of coated electrode welding of heat-
resistant low-alloy steels 19

Soloviov V. G., Lankin Yu. M., Romanova I. Yu. Application of
neural networks for monitoring and control of the modes of
flux-cored wire arc surfacing 30

BEAM TECHNOLOGIES

Nesterenkov V. M., Khrypko K. S., Lukyanov V. V., Sysoev M. O.,
Chernyavsky V. V. Technology and equipment for electron
beam sintering of hard-alloy billets 37

3D PRINTING

Sokolovsky M. V., Bernatsky A. V., Shamsutdinova N. O.,
Yurchenko Yu. V., Danileiko O. O. Additive manufacturing of
structural elements on a thin-walled base: challenges and
difficulties (Review) 45

SHS-PROCESS

Ustinov A. I., Kulinich M. V., Kosintsev S. G. Influence of thermal
contacts on heating aluminium plates under non-stationary
heating conditions, using the SHS-process 53

PROTECTIVE COATINGS

Gryshchenko O. P., Vihilianska N. V., Burlachenko O. M.,
C. Cenderovsksi, Gorban V. F. Studying the impact of duration
of technochemical synthesis of nanostructure (Fe, Ti)₃Al
powder on characteristics of plasma coatings 60

INFORMATION

Fronius unleashes customers' welding potential 66



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:
І.В. Кривцун (головний редактор),
В.М. Ліподасв (штатний заст. гол. ред.)
О.М. Берднікова, В.В. Книш,
В.М. Коржик, Ю.М. Ланкін,
Л.М. Лобанов, С.Ю. Максимов,
О.В. Махненко, М.О. Пашчин,
В.Д. Позняков, І.О. Рябцев;
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;
Виконавчий директор – О.Т. Зельніченко, Міжнародна
Асоціація «Зварювання», Київ

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./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, 151
Наказ МОН України № 409 від 17.03.2020.

Рекомендовано до друку
редакційною колегією журналу

Свідцтво про державну
реєстрацію KB 4788 від 09.01.2001

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

Передплата 2024

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:
I.V. Krivtsun (Editor-in-Chief),
V.M. Lipodaev (Staff Deputy Editor-in-Chief)
O.M. Berdnikova, V.V. Knysh,
V.M. Korzyk, Yu.M. Lankin,
L.M. Lobanov, S.Yu. Maksimov,
O.V. Makhnenko, M.O. Pashchin,
V.D. Poznyakov, I.O. Ryabtsev;
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;
Executive Director – O.T. Zelnichenko,
International Association «Welding», Kyiv, Ukraine

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 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, 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 2024

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.



Лідер у галузі інновацій та експерт
із розробки індивідуальних рішень для зварювання

Fronius допомагає клієнтам розкрити свій зварювальний потенціал

На галузевій виставці SCHWEISSEN & SCHNEIDEN в Ессені компанія Fronius представила рішення для ручного, серійного та автоматизованого виробництва під девізом «Розкрийте свій зварювальний потенціал». Продукція виробника приваблює клієнтів не лише економічною вигідністю, а й перспективними можливостями використання даного обладнання у майбутньому. Усі представлені рішення об'єднує **максимально ефективне використання енергії, матеріалів і часу**. До того ж австрійський експерт в області зварювання представив свої новітні цифрові продукти для зварювання. Вони допоможуть як зварювальникам-початківцям, так і професіоналам своєї справи якісно виконувати роботу, не докладаючи зайвих зусиль і не наражаючи себе на небезпеку.

Цифровізація: вирішення проблеми нестачі кваліфікованих працівників. Рішення, спрямовані на подолання дефіциту кваліфікованих робітників, викликали неабиякий інтерес. Насамперед увагу публіки привернув новенький симулятор Welducation, який дає змогу проводити навчання зварювальників у цифровому форматі з використанням доповненої реальності (AR), що створює напролюд реалістичні умови для підготовки. Із цим симулятором учням не загрожуватимуть травми, пов'язані з виділенням тепла, зварювального диму або світлового випромінювання. А ще – не доведеться використовувати жодних навчальних матеріалів, що є незаперечною перевагою, коли йдеться про захист навколишнього середовища та здоров'я зварювальників.

Крім цього ще один цифровий продукт під назвою WeldCube Navigator допомагає помітно спростити зварювальні процеси на виробництві. Зварювальник отримує покрокові інструкції для виконання тієї чи іншої послідовності операцій із деталлю, тоді як програма встановлює відповідні зварювальні параметри за замовчуванням, які гарантують належне виконання робіт відповідно до стандартів. Таким чином вдається уникнути браку й виправлень, а також підвищити ефективність виробництва.

TIG Experience Box – найбільша принада для відвідувачів. Компанія Fronius також пропонує рішення для зварювання найвищого рівня – TIG. Зі зварювальним комплектом TIG DynamicWire для системи iWave навіть новачки зможуть створювати бездоганні шви, які за якістю не відрізнятимуться

від роботи професіоналів. Близько 500 осіб змогли втамувати свою цікавість, випробувавши цей новий пристрій на практиці в TIG Experience Box.

Fronius – експерт із питань автоматизації. «Цього року ми вперше представили на галузевій виставці наш широкий асортимент засобів для автоматизації. Справжньою привабою для відвідувачів стала величезна система для роботизованого зварювання, розміщена в центрі нашого стенду. Проте немало уваги до себе також привернули дві роботизовані комірки на основі Cobot-a, й автоматизована система для кругового TIG зварювання FCW Smart, у яку вперше було інтегровано нову систему iWave AC/DC. З нашими рішеннями для автоматизації клієнти можуть індивідуально підібрати для себе повний пакет рішень від одного виробника, що позитивно вплине на результати їхньої роботи», – пояснює Гаральд Шерляйтнер, директор із питань маркетингу й продажів підрозділу Perfect Welding у компанії Fronius International GmbH. Проте ентузіазм у відвідувачів викликало не лише обладнання для автоматизації. На виставці було представлено й програмне забезпечення для програмування та моделювання Fronius Pathfinder, яке значно підвищує ефективність виробництва за рахунок програмування процесів зварювання в автономному режимі. Фахівці зі зварювання можуть паралельно готуватися до наступних етапів виробництва, використовуючи цифровий двійник. Крім того, програмне забезпечення визначає ліміти осей, обчислює початкові й кінцеві точки та траєкторії наближення, а також самостійно задає точки положення. Завдяки ArcView 2.0 професійні зварники можуть дистанційно стежити за дугою та якістю зварювання під час роботи. А зробити це допомагає камера, що дає змогу контролювати зварювальну дугу в режимі реального часу.

Безпека понад усе. Ефективність димовідведення нових портативних витяжок Exento LowVac і HighVac можна було оцінити на всіх зварювальних стендах із реальним обладнанням. Відвідувачі змогли пересвідчитися, наскільки зручними у використанні є високопродуктивні пальники з ергономічними та добре збалансованими ручками, а також нові пальники з димовідведенням Exento. Компанія Fronius продемонструвала всі свої засоби безпеки, зокрема, й високотехнологічний зварювальний шолом із підтримкою Bluetooth і можливістю подачі свіжого повітря та повітро-



На стенді площею 1100 м² компанія Fronius запропонувала рішення для забезпечення охорони праці та здоров'я, ефективного використання ресурсів, а також подолання проблем нестачі кваліфікованих працівників



Сотні зварників-початківців і професіоналів не прогавили свій шанс випробувати автоматизований пристрій подачі дроту TIG DynamicWire і були приємно вражені тим, наскільки простим може бути зварювання TIG



Від ранку й до самого вечора зацікавлені особи проходили віртуальне навчання зі зварювання за допомогою симулятора Welducation. Усіх зацікавила правдоподібність процесу, яку забезпечує технологія доповненої реальності (AR)



Демонстрація величезної системи для роботизованого зварювання підтвердила статус компанії Fronius як надійного постачальника комплексних рішень для автоматизації. Цей комплект обладнання згодом стане ще одним важливим елементом у центрі виготовлення дослідних зразків у Вельсі



Цифрова демонстрація послідовності зварювання швів за допомогою нового програмного забезпечення WeldCube Navigator наочно підтвердила те, що наше ПЗ може підвищити якість і ефективність ручного зварювання під час серійного виробництва



На щоденних презентаціях фахівці Fronius виступали з доповідями про актуальні питання галузі й інновації – у цьому випадку йшлося про (Wire Arc Additive Manufacturing)

очисний респіратор. Під час однієї зі щоденних презентацій на сцені фахівці пояснили, наскільки важливо дбати про захист від зварювального диму та піклуватися про здоров'я працівників.

Що далі? Презентації на сцені Fronius Live Stage зазначили, що компанія має амбітні плани на 2024 рік. По-перше, клієнти можуть очікувати на підвищення точності й оптимізацію характеристик для WAAM, а по-друге – на революційну програму Pocket Engineer, яка допоможе вдосконалити процеси обслуговування. Наживо продемонструвавши роботу програми на га-



Плани на першу половину 2024 р.: на фото зображено портативні й компактні джерела живлення Artis (для зварювання TIG) та Ignis (для ручного електродугового зварювання), а за ними – портативну витяжну систему Exento LowVac.

лузевій виставці, представники компанії показали, наскільки легким і зручним стане виконання процедур сервісної підтримки в майбутньому.

Крім того, постачальник зварювального обладнання поділився планами щодо створення нових компактних і портативних джерел живлення для ручного зварювання: Fronius Artis (для зварювання TIG) і Fronius Ignis (для ручного електродугового зварювання). Обидва пристрої надійдуть у продаж уже в першій половині року. Незабаром про них з'явиться більше інформації.

Ми є Fronius. У нас працює більш ніж 7000 працівників по всьому світі, частка експорту в нашому виробництві складає 87 %, а портфоліо наших винаходів і розробок нараховує 1446 активних патентів. Наша компанія була започаткована в 1945 році як маленький приватний бізнес, а нині ми є потужним гравцем на світовому ринку, що підтверджує розвинена структура із 37 міжнародних дочірніх компаній та потужна мережа торгових партнерів у більш ніж 60 країнах світу. Та все ж по суті своїй залишаємося австрійським сімейним підприємством, яке працює в галузях виробництва та обслуговування фотовольтаїчних систем, зварювальних апаратів, а також технологій заряджання акумуляторних батарей. Наші товари та рішення завжди були спрямовані на формування гідного майбутнього, а замовники отримують комплексні пакети обслуговування: від професійного планування та надання консультацій до постійного моніторингу ефективності та ремонту обладнання відповідно до їхніх потреб. Ми створюємо інновації. Ми відкриті для всього нового. Ми є Fronius.

Ми є Perfect Welding. Стратегічною метою підрозділу Fronius Perfect Welding є максимальна якість зварювальної дуги, глибоке розуміння потреб наших клієнтів та жага до технічного прогресу. Ми є лідерами інновацій у галузі електродугового зварювання, а також світовими лідерами на ринку обладнання для роботизованого зварювання. Завдяки рівню нашого професіоналізму ми створили повноцінні автоматизовані зварювальні системи з високим рівнем гнучкості, а також цифрові зварювальні рішення, які відповідають вимогам та потребам епохи індустрії 5.0. Доповнюють вичерпний перелік нашої продукції інтуїтивно зрозумілі системи для ручного зварювання, високоякісне допоміжне приладдя для зварювання, а також надійні та ефективні вироби для захисту персоналу. Ми є глобальною компанією, і тому маємо чимало команд підтримки та обслуговування на регіональному рівні, які добре знають і розуміють потреби наших клієнтів у різних куточках світу. Наші технології відкривають нові горизонти та утворюють нові зв'язки: між металами, між різними галузями промисловості, а також між людьми.

Більше цікавих новин дивись у нашому блозі blog.perfectwelding.fronius.com або у Facebook (froniuswelding), LinkedIn (perfectwelding), Instagram (froniuswelding) і YouTube (froniuswelding)!

Для отримання додаткової інформації звертайтеся до:
Fronius Ukraine GmbH, Lilya Korzin
вул. Слави, 24, с. Княжичі, Київська обл.
Тел.: +380 (44) 2772141
korzin.lilya@fronius.com