

З А В Т О М А Т И Ч Н Е 7 С В А Р Ю В А Н Н Я 2023

Автоматическая сварка

Automatic Welding

Видається 12 разів на рік з 1948 р.

Published 12 times per year since 1948

ЗМІСТ

ЕЛЕКТРОДИНАМІЧНА ОБРОБКА

Лобанов Л.М., Коржик В.М., Пащин М.О., Міходуй О.Л., Устименко П.Р., Чжан Юйпэн, Альошин А.О., Войтенко О.М. Математичне моделювання впливу електродинамічної обробки в процесі адитивного наплавлення на напружено-деформований стан об'ємних виробів із алюміній-магнієвого сплаву3

МЕТАЛОЗНАВСТВО

Швець В.І., Зяхор І.В., Капітанчук Л.М. Особливості формування та трансформації оксидів при контактному стиковому зварюванні рейок К76Ф 16

ПРОМЕНЕВІ ПРОЦЕСИ ЗВАРЮВАННЯ

Бернацький А.В., Сіора О.В., Бондарева В.І., Шамсутдінова Н.О., Юрченко Ю.В. Застосування технологій лазерного зварювання та наплавлення для ремонту і виготовлення тонкостінних зварних з'єднань високолегованих сталей25

Русиник М.О., Нестеренков В.М., Сахул М., Ключков І.М. Вплив струму фокусування електронного променя на геометрію та мікроструктуру зварних з'єднань алюмінієвого сплаву 221931

ІНДУКЦІЙНЕ ЗВАРЮВАННЯ

Прокоф'єв О.С., Губатюк Р.С., Римар С.В., Абдулах В.М., Петрієнко О.І., Сенчишин В.С. Індукційне зварювання труб і трубної арматури із застосуванням активуючих речовин (Огляд)37

ЗВАРЮВАЛЬНІ МАТЕРІАЛИ

Гончаров І.О., Головко В.В., Пальцевич А.П., Дученко А.М. Технології виготовлення низьководневих плавлених флюсів ... 48

ТЕХНОЛОГІЇ ІНЖЕНЕРІЇ ПОВЕРХНІ

Пащенко В.М. Керування середньомасовою ентальпією потоку плазми системи N—O—C—H з урахуванням енергетичної ефективності плазматрона54

ІНФОРМАЦІЯ

Коллаборативний робот (COBOT) – коли ручного зварювання недостатньо.....61

Міжнародний промисловий форум 2023.....63

CONTENT

ELECTRODYNAMIC TREATMENT

Lobanov L.M., Korzyk V.M., Pashchyn M.O., Mikhoduj O.L., Ustymenko P.R., Zhang Yupeng, Alyoshin A.O., Voitenko O.M. Mathematical modeling of the impact of electrodynamic treatment in the process of additive surfacing on the stress-strained state of volumetric products from aluminum-magnesium alloy.....3

METAL SCIENCE

Shvets V.I., Zyakhor I.V., Kapitanchuk L.M. Features of formation and transformation of oxides in flash-butt welding of K76F rails 16

BEAM WELDING PROCESSES

Bernatsky A.V., Siora O.V., Bondareva V.I., Shamsutdinova N.O., Yurchenko Yu.V. Use of laser welding and surfacing technologies for repair and manufacture of thin-walled welded joints of high-alloy steels25

Rusynyk M.O., Nesterenkov V.M., Sahul M., Klochkov I.M. Influence of electron beam focusing current on geometry and microstructure of welded joints of aluminium 2219 alloy31

INDUCTION WELDING

Prokofiev O.S., Gubatyuk R.S., Rymar S.V., Abdulah V.M., Petrienko O.I., Senchyshyn V.S. Induction welding of pipes and pipe fittings with the use of activating substances (Review) ...37

WELDING MATERIALS

Goncharov I.O., Holovko V.V., Paltsevych A.P., Duchenko A.M. Technologies for producing low-hydrogen fused fluxes.....48

SURFACE ENGINEERING TECHNOLOGIES

Pashchenko V.M. Control of medium enthalpy of plasma flow of N—O—C—H system taking into account the power efficiency of the plasmatron.....54

INFORMATION

Collaborative robot – when manual welding is not enough61

International Industrial Forum 2023.....63



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. Ліподаєв (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

Свідоцтво 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 бандероллю.
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
перевидуються 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. Korzhyk, 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 «Avtomatychnе Zvaryuvannya» (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.

Колаборативний робот (COBOT) – коли ручного зварювання недостатньо



Контроль управління, наскільки сягає око за правилами, стандартами та специфікаціями у зварювальній техніці. Як і в автоперегонах, коли мова йде про якість і безпеку, вимоги до сучасного зварювання дуже високі. Зварні шви, які можна відтворити в будь-який час, і постійна документація з даними про зварні шви більше не є рідкістю, а є найсучаснішим сьогоднішнім. Якщо зварювання відбувається вручну, то часто неможливо виконати ці вимоги. Рішенням є автоматизація – навіть для малих і середніх підприємств.

Незмінна якість зварювання – з однієї системи. Незважаючи на те, що автоматизовані зварювальні процеси забезпечують значно стабільніші результати зварювання, багато малих і середніх підприємств все ще мають проблеми з автоматизацією. Високі витрати на придбання промислових зварювальних роботів і потреба у професійних навичках програмування суперечать правилам при малих розмірах партій деталей. Зварювальні комірки Cobot можуть вирішити цю проблему. Контрольовані рухи пальника з точністю повторення до сотієї долі міліметра забезпечують відтворювані зварні шви кожного разу – навіть у випадках серійного виробництва, якщо це необхідно. Останнє покоління інтелектуальної технології джерела живлення TPS/i контролює процеси зварювання та записує всі зварювальні дані за потреби, які, у свою чергу, зберігаються та оцінюються за допомогою інноваційного програмного забезпечення для керування даними.

Високооплачуване програмування більше не потрібне. Програмування роботів Cobot просте та інтуїтивно зрозуміле – немає потреби у спеціальному програмному забезпеченні чи досвіді програмування. Майже завжди достатньо короткого навчання тривалістю всього кілька годин. Простіше кажучи: ви можете навчитися програмувати роботу Cobot за короткий час. Після того, як компонент закріплено на місці та зварювальне завдання збережено, кваліфікований зварювальник натискає кнопку пуску, і Cobot починає працювати.

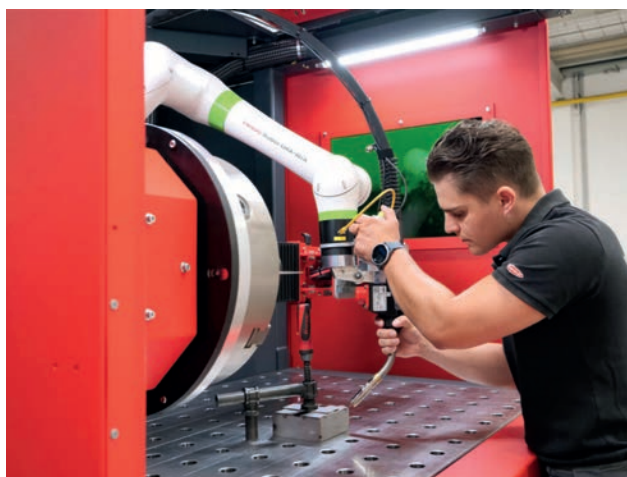
Наступне може виконувати практично будь-який оператор: затискання наступних деталей і ініціювання подальших запусків. Це не тільки дозволяє компаніям заощаджувати витрати на персонал, але й звільняє професійних зварників для більш складної роботи. Їхня робота стає набагато привабливішою – перевага, яку не можна недооцінювати при пошуку нових кваліфікованих працівників.

Встановіть послідовність зварювання одним натисканням кнопки. Перші кроки не тільки прості, але й однакові майже для кожного робота Cobot. По-перше, корпус пальника вручну направляється до початкових точок, позиційних точок і кінцевих точок зварювальних швів і зберігається одним натисканням кнопки. Отримавши цю інформацію, програмне забезпечення Cobot розраховує зварювальні контури та послідовність зварювання. Команди руху (наприклад, «параметри коливання») можна додатково додати на сенсорні екрани деяких елементів керування за допомогою перетягування. Знання програмування також не потрібні для цього процесу.

Імітація процесу виявляє перешкоди. Перед початком зварювання можна змоделювати весь процес зварювання. Працюючи в режимі імітації, зварювальний пальник рухається по траєкторії зварювання, не запалюючи дугу. Якщо програмне забезпечення виявляє контур перешкод (де корпус пальника або рука робота стикається з компонентом і «заважає» правильній траєкторії зварного шва), шлях можна відкоригувати в програмному



Оператор комірки Fronius CWC-S налаштовує зварювальне завдання компонента



Оператор комірки Fronius CWC-S навчає Cobot зварювального завдання



Параметри зварювання вводяться одним натисканням кнопки за допомогою програми Fronius WeldConnect

забезпеченні. Після того, як Cobot було запрограмовано, він зварює компонент за компонентом з незмінною якістю та з однаковою швидкістю – цілодобово. Ця стовідсоткова повторюваність просто неможлива при ручному зварюванні навіть для найкваліфікованіших спеціалістів зварювання.

Програмний додаток забезпечує правильні параметри зварювання. У наш час інтелектуальні програмні засоби забезпечують зручну підтримку зварникам у визначенні відповідних параметрів зварювання. Подібні додатки містять покрокову інформацію про процес зварювання, основний матеріал, профіль зварного шва та захисний газ. Після введення всіх даних майстер додатка швидко й точно розраховує параметри зварювання, необхідні для поточного зварювального завдання.

Швидкий перехід означає підвищення продуктивності. Cobot роботи надзвичайно гнучкі – стосовно розміру компонентів, так і стосовно геометрії. Більшість із них побудовано таким чином, що заміна та затискання компонентів різних форм і розмірів відбувається швидко й легко, заощаджуючи час і збільшуючи продуктивність. Зварювальні столи із отворами і відповідними наборами спеціального затискного оснащення для надійної фіксації деталей ще більше підтримують користувача в його роботі. Cobot роботи доступні для одно- та багатопостової роботи, і призначені не тільки для зварювання невеликих серій, а й для зварювання партій, що складаються всього з одного виробу. Це робить їх ідеальним рішенням для компаній, які не наймають спеціалістів з програмування та виробляють різноманітні компоненти невеликими партіями.

Fronius Cobots. Щоб переконатися, що наші Cobots задовольняють різноманітні вимоги металообробних компаній, наше портфоліо включає різноманітні моделі. Комірка CWC-D («D» = подвійний) — це зварювальний осередок Cobot із



Зварювальна комірка Cobot CWC-S із захистом від випромінювання дуги; корпус із розсувними бічними дверима, що пневматично закриваються

двома станціями, які дозволяють встановлювати деталі, що зварюються під час роботи комірки Cobot, завдяки чому наступний компонент можна закріпити під час поточного процесу зварювання, що є особливо ефективним. При роботі з двома станціями максимальна довжина компонента становить один метр. Якщо потрібно зварити компоненти довжиною до двох метрів, це можна легко зробити одним натисканням кнопки: просто натисніть кнопку, перегородка зникне, і система готова до роботи на одній станції для більших компонентів.

Дещо менша модель CWC-S («S» = single) призначена виключно для роботи з однією станцією. Оснащений поворотним блоком і задньою бабкою, він пропонує додаткову гнучкість для різної геометрії компонентів – клієнти можуть виконувати як поздовжні, так і кругові зварні шви за допомогою цього обладнання. Стандартна робоча зона становить 1500×1000×700 мм або 860×450 мм, якщо зварюються циліндричні компоненти. Окрім стандартного обладнання, користувачі також можуть вибрати спеціальні стартові пакети, такі як навчання процесу, пакети запасних частин, тестування зварних швів, додаток WeldConnect або програмне забезпечення для керування даними WeldCube.

Безпека понад усе. Здоров'я та безпека наших спеціалістів зі зварювання надзвичайно важливі для нас. Пневматичні екрани від випромінювання дуги, розсувні двері з екранами та системи відведення диму є стандартними для Fronius Cobots і захищають від фізичних травм, пошкоджень очей і пошкоджень дихальних шляхів. Таким чином, наші Fronius Cobots гарантують не тільки ефективне зварювання, але, перш за все, безпечне зварювання.

ТОВ «ФРОНІУС УКРАЇНА»
sales.ukraine@fronius.com
www.fronius.com

МІЖНАРОДНИЙ ПРОМИСЛОВИЙ ФОРУМ 2023

З 30 травня по 1 червня 2023 р. на території Міжнародного виставкового центру відбувся XXI Міжнародний промисловий форум (МПФ)— найбільший індустріальний захід в Україні, присвячений машинобудуванню. У рамках форуму пройшли виставки: Металообробка, УкрВторТех, УкрЛитво, УкрЗварювання, Гідравліка, Пневматика, Підшипники, Автоматизація і робототехніка, Підйомно-транспортне, складське обладнання, Зразки, стандарти, еталони, прилади, Безпека виробництва. Крім того, одночасно з Міжнародним промисловим форумом пройшли Міжнародні спеціалізовані виставки: PLAST EXPO UA (сировина, технології і обладнання для переробки полімерів та каучуку); ADDIT EXPO 3D (технології, обладнання та матеріали для адитивного виробництва та 3D друку). Цього року виставкові заходи, що об'єднали учасників та відвідувачів з усієї України під дахом МВЦ, стали символом непереможності, непохитності, рішучості та незламності українців та наших партнерів.

Виставки — це важливий «інструмент» відновлення та розвитку бізнесу, особливо сьогодні, коли руйнуються промислові ланцюги, що налаштовувались роками. Підтримувати економіку України, забезпечувати людям роботу та мотивувати до розвитку і, безперечно, спільно працювати на перемогу — ось що важливо у проведенні виставок саме зараз. Під час війни ЗСУ захищають нас на полі бою, а бізнеси та підприємства захищають економіку

— другу найважливішу складову для підтримки та розвитку України. Ці виставки не тільки створюють можливості для бізнесу, але є і справжнім доказом нашої здатності до співпраці та об'єднання у важкі часи. Через спільні зусилля фахівців та бізнесменів на виставкових майданчиках ми рухаємося вперед до перемог в усіх боях на всіх фронтах.

Загальна площа, на якій розмістились виставкові заходи, склала понад 7000 м²; загальна кількість спеціалістів, які відвідали виставкові заходи — 8837 чол.; загальна кількість учасників комплексу технічних виставкових заходів — 147 компаній. Була представлена продукція з 26 країн — з Австрії, Болгарії, Великої Британії, Греції, Грузії, Данії, Ізраїлю, Іспанії, Італії, Китаю, Нідерландів, Німеччини, Південної Кореї, Польщі, Сербії, Словаччини, США, Тайваню, Туреччини, Фінляндії, Франції, Чехії, Швейцарії, Японії, України. Географія компаній учасників: 95,24 % — учасники з України; 4,76 % — учасники з інших країн. По виду діяльності компаній учасників 77,72 % — імпортери, дистриб'ютори, дилери; 22,28 % — виробники.

Міжнародний промисловий форум — це завжди очікувана та визначна подія, що привертає увагу провідних промислових компаній та експертів. Цього року, незважаючи на війну, Промислового форуму вдалося зібрати провідних гравців українського машинобудівного ринку, що представили інноваційне обладнання та технології українських





та іноземних виробників. Сьогодні МПФ дав зрозуміти не лише українцям, а також нашим закордонним партнерам, що ми не просто працюємо, а покращуємо, розвиваємо, модернізуємо та адаптуємо технології під умови воєнного часу. Разом ми сила, яка здатна успішно взаємодіяти, досягати угод та долати виклики сучасності. Особливо приємно, що на МПФ були підписані угоди про продаж сучасного обладнання, яке прямо з виставки поїхало до своїх нових власників. А учасники і відвідувачі повернулись додому з новими ідеями, партнерами, замовленнями та вірою, що все буде добре.

На виставці УкрЗварювання була представлена продукція українських компаній виробників та постачальників зварювального обладнання (ТОВ «Патон Інтернешнл», ТОВ «Фроніус Україна», ТОВ «Червона Хвиля», ОДО «Зонт», ТОВ «Арамис», ТОВ «Тріада Лтд і Ко») та виробників зварювальних електродів та дротів (ПрАТ «Дніпрометиз», ТОВ «Суми Електрод», ТОВ «Велтек»).

Як і на багатьох попередніх заходах Міжнародного виставкового центру під час МПФ було представлено видавництво Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України. На стенді

видавництва відвідувачі мали можливість ознайомитись з останніми розробками всесвітньо відомого Інституту в галузі зварювання, спеціальної металургії, неруйнівного контролю та отримати спеціально видані до виставки випуски журналів «Автоматичне зварювання» №5, «Технічна діагностика та неруйнівний контроль» №1, «Сучасна електрометалургія» №1, 2023.

МПФ висловлює вдячність всім учасникам, відвідувачам та ЗСУ. Об'єднання зусиль дало неперевершений результат — проведення у військовий час Міжнародного промислового форуму та виставок PLAST EXPO UA та ADDIT EXPO 3D. Ці заходи безумовно дали поштовх до розвитку бізнес-середовища, налагодження зруйнованих війною контактів та стали рушійною силою до подальшого зростання української економіки. МПФ дякує всім причетним, висловлює величезну повагу та закликає не зупинятися і продовжувати працювати на користь нашої держави і нашу спільну Перемогу. Ми все можемо, тому що ми разом!

За матеріалами
<https://www.iec-expo.com.ua>