

З А В Т О М А Т И Ч Н Е 3 С В А Р Ю В А Н Н Я 2021

Автоматическая сварка

Automatic Welding

Видається 12 разів на рік з 1948 р.

Published 12 times per year since 1948

ЗМІСТ

НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

Рябцев І.О., Книш В.В., Бабінець А.А., Соловей С.О. Втомна довговічність зразків зі сталі 40Х після зносостійкого наплавлення з підшаром з низьковуглецевої сталі.....	3
Махненко О.В., Канда С.М., Басистюк Н.Р., Черкашин М.В. Математичне моделювання залишкових напружень в елементах ВВЕР-1000 після термічної обробки.....	10
Борисов Ю.С., Борисова А.Л., Вігілянська Н.В., Дем'янов І.А., Бурлаченко О.М. Електродугове наплення інтерметалічних Fe–Al покриттів з використанням різних суцільних та порошкових дрітків.....	17
Рабкіна М.Д., Костін В.А., Соломійчук Т.Г. Особливості аварійного руйнування технологічного трубопроводу.....	23
Полещук М.А., Шевцов А.В., Доценко І.В., Теплюк В.М., Колісниченко О.В., Малахова Л.М. Дослідження температурного стану мідних пластин у зоні швів при зварюванні тертям з перемішуванням.....	29

ВИРОБНИЧИЙ РОЗДІЛ

Лещинський Л.К., Матвієнко В.М., Іванов В.П., Степнов К.К., Возьянов Є.І. Вдосконалення технології наплення великогабаритних опорних валків станів гарячої прокатки.....	35
Нестеренков В.М., Загорніков В.І., ОРСА Ю.В., Заболотний С.Д., Беляєв А.С. Дослідження структури, механічних і теплофізичних властивостей електронно-променевих модифікованих зварних швів на мідних частинах фурм.....	40
Коротинський О.Є., Скопюк М.І., Вертецька І.В. Високоєфективні джерела для дугового зварювання на основі ємнісних накопичувачів електричної енергії.....	47

ЗВАРЮВАННЯ ЗА КОРДОНОМ

Високопродуктивне зварювання для виробництва компонентів електростанцій.....	54
Welding in the World № 2, 2021.....	56

ПРАКТИКУМ ЗІ ЗВАРЮВАННЯ

Напівавтоматичне MIG/MAG зварювання.....	57
--	----

ІНФОРМАЦІЯ

Індустріальний парк «ПАТОН».....	58
ТОВ «ТМ.ВЕЛТЕК» – провідний виробник порошкових дрітків в Україні.....	60
Принципи підбору оптичної системи стеження для реалізації різних виробничих завдань.....	61
Дисертації на здобуття наукового ступеня.....	63
Пам'яті М.Л. Жадкевича.....	64

CONTENT

SCIENTIFIC AND TECHNICAL

Ryabtsev I.O., Knysh V.V., Babinets A.A., Solovey S.O. Fatigue life of steel specimens 40Kh after wear-resistant surfacing with a sublayer of low-carbon steel.....	3
Makhnenko O.V., Kandala S.M., Basistyyuk N.R., Cherkashin M.V. Mathematical modeling of residual stresses in WWER-1000 elements after heat treatment.....	10
Borisov Yu.S., Borisova A.L., Vihilianska N.V., Demianov I.A., Burlachenko O.M. Electric arc spraying of intermetallic Fe–Al coatings using different solid and powder wires.....	17
Rabkina M.D., Kostin V.A., Solomiychuk T.G. Peculiarities of emergency destruction of the technological pipeline.....	23
Poleshchuk M.A., Shevtsov A.V., Dotsenko I.V., Teplyuk V.M., Kolisnichenko O.V., Malakhova L.M. Investigation of temperature state of copper plate in the weld zone at friction stir welding.....	29

INDUSTRIAL

Leshchinskiy L.K., Matviyenko V.M., Ivanov V.P., Stepanov K.K., Vozyanov E.I. Improvement of the surfacing technology for large backup rolls of hot rolling mills.....	35
Nesterenkov V.M., Zagornikov V.I., Orsa Yu.V., Zabolotny S.D., Belyaev A.S. Investigation of structure, mechanical and thermophysical properties of electron beam modified welds on copper parts of tuyeres.....	40
Korotynskiy O.E., Skopyuk M.I., Vertetska I.V. High-efficient sources for arc welding based on capacitive energy storage systems.....	47

WELDING ABROAD

High-efficient welding for production of power plant components.....	54
Welding in the World № 2, 2021.....	56

WELDING WORKSHOP

Semi-automatic MIG/MAG welding.....	57
-------------------------------------	----

INFORMATIONS

«PATON» industrial park.....	58
LLC «TM.WELTEK» - the leading manufacturer of flux-cored wire in Ukraine.....	60
Principles of selection of optical tracing system for implementation of various production tasks.....	61
Dissertation for a scientific degree.....	63
In memory of M.L. Zhadkevich.....	64



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:
С.І. Кучук-Яценко (головний редактор),
В.М. Ліподаєв (штатний 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. Пашин,
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» (видавць)

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 бандероллю.
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
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 Kazymyr Malevych Str.
Tel.: (38044) 200 2302, 200 8277
Fax: (38044) 200 8277
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 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

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

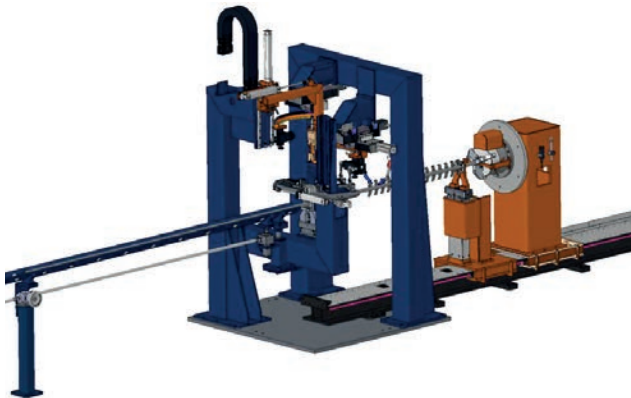
ВИСОКОПРОДУКТИВНЕ ЗВАРЮВАННЯ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА КОМПОНЕНТІВ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ

Високоякісне зварювання в рекордні терміни

Компанія Steinmüller Afrika (ПАР) займається виробництвом компонентів для електростанцій в м. Преторія. Унікальна автоматична зварювальна установка від компанії CLOOS виконує при цьому зварювання з високою ефективністю. У порівнянні з ручним зварюванням продуктивність зварювальної установки в 15 разів вище. Установка повинна була зварити на протязі багатьох років понад мільйон компонентів з постійно високою якістю при режимі роботи в кілька змін.

Після введення останнього вузла південно-африканської електростанції Медупи в експлуатацію це гігантське підприємство стало найбільшою вугільної електростанцією Африки. Проектна потужність 4800 МВт. Для її запуску необхідно було виготовити дванадцять гігантських котлів висотою близько 100 м і діаметрами в діапазоні від 20 до 30 м, а також величезну кількість інших компонентів, серед яких підвісні труби з 100000 так званих стабілізаторів на котел.

Для фахівців з гідроелектростанцій з майже 500 працівниками на території м. Преторія це означало, що необхідно приварити мільйон стабілізаторів (несучі листи для поверхні нагрівання у внутрішній частині котла) до їх підвісних труб. Пізніше в процесі експлуатації електростанції цим компонентам була відведена ключова роль, адже саме вони відповідають за надійну фіксацію всіх нагрівальних елементів, які знаходяться всередині парового котла. Щоб витримувати на цій ділянці необхідний температурний режим, фіксатори виконані у вигляді труб з привареними стабілізаторами. Тим самим, по-перше, гарантується охолодження, а по-друге, вдається уникнути надмірного утворення окалини.



3D-симуляція 20-метрової спеціальної зварювальної установки з зображенням стиснутою і частково звареною підвісною трубою

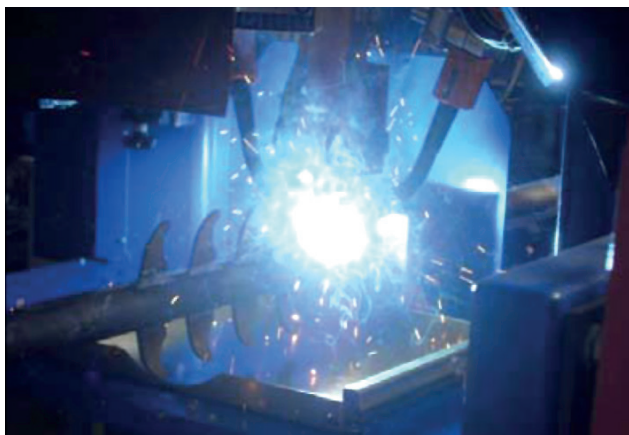
За 80 % всіх зварювальних робіт відповідала спеціальна установка компанії Carl Cloos Schweißtechnik ГмбХ з м. Хайгер, Німеччина – виробника стандартного зварювального устаткування і зварювальних роботизованих і автоматизованих систем.

У порівнянні з ручним зварюванням у автоматичного є вирішальні переваги. Установка від компанії CLOOS з двома одночасно працюючими зварювальними пальниками і двома джерелами зварювального струму дає незмінно високу якість зварних з'єднань без рихтування компонентів, дуже високу стабільність і, нарешті, що є вирішальним фактором для придбання та оптимізації установки, сенсаційно швидкий час зварювання. У порівнянні з ручним зварюванням спеціальна зварювальна установка за кількістю приварених стабілізаторів виконує роботу в 15 разів швидше, ніж досвідчені зварники.

Установка дуже проста в управлінні. Робочий встановлює підвісну трубу і запускає установку.



Орієнтація двох зварювальних пальників назустріч один одному



Два зварювальні пальники виробляють приварення стабілізатора до підвісної труби

Стабілізатори, які необхідно приварити, підводяться з накопичувача і точно позиціонуються за допомогою підйомно-транспортного вузла. Виїжджають обидва зварювальні пальники і процес зварювання починається. При цьому зварювання приварювальними швами непотрібно.

Щоб пізніше в котлі електростанції можна було впоратися з переважаючими температурами, підвісні труби виконані з відносно нового сорту сталі 7CrMoVTiB 10.10, стабілізатори в залежності від типу з 13CrMo4.5, X10CrAlSi7 або X10CrAlSi18. Але при роботі з цими теплостійкими сталями необхідно приділяти особливу увагу тепловкладенням.

З огляду на це обидва зварювальних шва одного стабілізатора починають варити на підвісній трубі одночасно, один зварювальний пальник починає зварювання спереду на правій стороні, в той час як другий починає роботу з приварення стабілізатора ззаду на лівій стороні.

На стабілізаторах проводиться зварювання швів довжиною близько 50 мм з використанням однодугового процесу MIG / MAG. Щоб контролювати тепловкладення зварювання в різних місцях виконується різними зварювальними параметрами: спочатку з невеликого зварювального струму, потім підвищеним і в кінці знову зменшеним. Все управління величиною зварювального струму здійснюється за допомогою комп'ютера через інноваційне джерело зварювального струму від компанії CLOOS, яке зарекомендувало себе з найкращого боку.

Після приварювання одного стабілізатора пальники від'їжджають трохи назад, труба автоматично повертається на 180 град, позиціонується і приварюється наступний стабілізатор. Після закінчення 25 хв. готова зварена підвісна труба залишає установку. Оскільки вузол захоплення і люнет можуть переміщатися завдяки вільному програмуванню, для різноманіття типорозмірів труб немає майже ніяких обмежень.



Установка виконує зварні шви високої якості

Установка успішно експлуатується з жовтня 2009 р. і завдяки високій швидкості зварювання і величезній продуктивності отримує звання кращого бренду в категорії ефективності та економічності.

На переконання Томаса Бартеля свою лепту в це внесла технічна підтримка від компанії CLOOS: «Завдяки високій компетенції своїх співробітників компанія CLOOS завжди могла надати нам достовірну і швидку підтримку за допомогою гарячої телефонної лінії».

Додатково установку можна дообладнати індуктивним вузлом попереднього нагріву, який перед безпосереднім процесом зварювання підігріває трубу до певної температури. Доповнення у вигляді автоматичного завантаження труби також передбачено в програмі в якості опції.

Перевага швів, отриманих в ході зварювання установкою полягає не тільки в очевидній економії часу, але і у відтвореній надійності технологічного процесу, завдяки якому від шва до шва зберігається стабільно висока якість. Відхилення за якістю, пов'язані з людським фактором, таким чином, повністю виключаються. Доопрацювання зварних швів обмежено швидше косметичними дрібницями.

У пульті управління установкою закладені відповідні програми для зварювальних процесів самих різних комбінацій підвісна труба – стабілізатор. Тут також збережені всі важливі параметри. Оператор лише вибирає відповідну програму. Щоб виключити помилки передбачено обслуговування з різними правами доступу. Таким чином, наприклад, доступ до програмування зварювальних параметрів захищений паролем, зміни можуть вносити тільки авторизовані експерти зі зварювання.

Гнучкість зварювальної установки в разі потреби можна ще підвищити шляхом внесення відповідних змін до програмного і апаратного забезпечення.

www.smart2tech.ru

Welding in the World, №2, 2021

Volume 65, issue 2, February 2021

<https://link.springer.com/journal/40194/volumes-and-issues/65-2>

Журнал «Welding in the World» – оновлення у 2021 р. *John C. Lippold, Ing Thomas Böllinghaus, Américo Scotti*

Дослідження мікроструктури, механічних та корозійних властивостей зварних з'єднань сплава на основі нікелю alloy 625 з дуплексною нержавіючою сталлю UNS S32205 з різномірними зварними швами з використанням присадного металу ERNiCrMo-3. *M. Tümer, T. Mert, Tuba Karahan*

Застосування методології поверхневого відгуку для прогнозування міцності зварного шва в сталевому з'єднанні FSSWed TRIP. *Ali Ebrahimpour, Amir Mostafapour, Mohamad Reza Nakhaei*

Удосконалення та контроль процесу магнітоімпульсного зварювання різномірних металів. *J. Bellmann, S. Schettler, C. Leyens*

Проектування та оптимізація інтегрованої багатопарової котушки для зменшення енергії розряду при електромагнітному зварюванні за допомогою чисельних та експериментальних методів. *Mohsen Ayaz, Mehrdad Khandaei, Yaser Vahidshad*

Мікроструктура, механічні властивості та корозійна стійкість зварених способом STIR з'єднань товстих пластин із сплавів Mg-Al-Zn. *Fenjun Liu, Jianbo Liu, Yanxia Bai*

Поведінка зносу інструмента та вплив зносо-стійких покриттів під час тертя при точковому зварюванні алюмінієвих сплавів. *D. Lauterbach, D. Keil, K. Dilger*

Вплив пульсації струму на надвисокій частоті на фізичні аспекти дуги та її наслідки в морфоло-

гії зварних швів у процесі GTAW. *Tiago Vieira da Cunha, Carlos Enrique Niño Bohórquez*

Еволюційна поведінка лазерного зварювання в гібридній структурі між алюмінієвою піною з відкритими елементами та твердою алюмінієвою оболонкою. *Paiboon Wattanapornphan, Chakkrist Phongphisutthinan, Seiji Katayama*

Комплексна обробка стикових з'єднань для оцінки терміну служби в режимі низької втомлюваності. *Benjamin Möller*

Характеристика високоміцної сталі та загартованих сталей та їх з'єднань для конструкційних застосувань. *Martina Aguiari, Marco Palombo, Cesare Mario Rizzo*

Підвищення втомної міцності зварних з'єднань, виготовлених з SBHS700, за допомогою високо-частотної проковки. *Yuki Ono, Koji Kinoshita*

Вплив наповнювача Ni-B на дифузійну пайку нержавіючих сталей. *A. Ivannikov, M. Penyaz, O. Sevriukov*

Еволюція мікроструктури та механічних властивостей при скріпленні різномірної перекрідної рідкої фази GTD-111 та IN-718 за допомогою прошарку BNi-9 (AWS A5.8 / A5.8M). *Ali Izadi Ghahferokhi, Masoud Kasiri-Asgarani, Mahdi Rafiei*

Міжфазна мікроструктура та міцність на розрив з'єднання TiAl, паяного поліпшеним наповнювачем Ti-Zr-Cu-Ni. *Yongjuan Jing, Huaping Xiong, Xinyu Ren*

Пайка сталевих листів та оцинкованого алюмінію гібридною композитною ковкою. *T. Bick, K. Treutler, V. Wesling*

Журнал «Welding in the World» у цифрах.

У 2020 р. в 64-му томі журналу «Welding in the World» було опубліковано 179 робіт та понад 2100 сторінок фундаментальних та прикладних досліджень, пов'язаних із з'єднанням матеріалів та суміжними технологіями. У 2020 р. до журналу було подано понад 450 статей. Рівень прийнятності цих робіт становив 42%, а середній час прийняття рішення щодо публікації складав приблизно 50 днів. Кількість завантажень статей різко зросла у 2020 р. – до понад 150000, збільшившись на 39% з 2019 р. Також час від подання статті до її публікації в Інтернеті скоротився до 210 днів. Подальші вдосконалення передбачаються у 2021 р. з метою скорочення часу на публікацію в Інтернеті до 150 днів.

Починаючи з 2020 р., журнал «Welding in the World» збільшився до 12 номерів на рік, щоб вмістити велику кількість робіт, що подаються, і дозволити публікувати більше спеціальних номерів та тематичних збірників. Не-

зважаючи на проблеми, викликані скасуванням щорічної асамблеї Міжнародного Інституту зварювання в Сінгапурі та опорою на засідання віртуальних робочих підрозділів, подання доповідей до журналу залишалося значним, незважаючи на падіння рекомендованих робіт. Також у 2020 р. була введена спрощена система ключових слів, яка тепер тісніше пов'язана з профілями рецензентів у системі редакторського менеджера. Ця зміна полегшила присвоєння робіт найвідповіднішим рецензентам.

На даний момент Редакційна рада журналу складається з 39 членів і допомагає у попередньому відборі робіт та загальному виконанні процесу рецензування. Зараз існує близько 140 головних рецензентів журналу «Welding in the World». Збільшення в два рази за останні 5 років кількості щорічних публікацій вимагало величезних зусиль як з боку експертної комісії, так і з боку виробничого персоналу журналу.

НАПІВАВТОМАТИЧНЕ MIG/MAG ЗВАРЮВАННЯ

Напівавтоматичне MIG/MAG зварювання це один з багатьох видів зварювання, який використовується на сьогоднішній день як у важкій промисловості, так і в гаражних умовах. Цей процес не такий складний, як TIG зварювання, щоб йому швидко навчитися. Проте для того, щоб отримати хороші результати, необхідно зосередитися на деяких аспектах MIG зварювання для виконання їх на практиці.

Є кілька факторів, які слід враховувати, коли мова йде про напівавтоматичне MIG/MAG зварювання. При цьому необхідно мати базові знання зварювання, щоб більше дізнатися чи зрозуміти особливості з'єднання деталі і використовувати їх на практиці.

Зварювання – це процес з'єднання двох або більше металевих предметів за допомогою розплавленої ванни, яка утворює зв'язок тільки при кристалізації, перед охолодженням. Концепція цього типу зварювання за великим рахунком здається простою. Але якщо не приділено належної уваги дотриманню необхідних умов, то, швидше за все, в кінцевому підсумку виходить виріб з дефектами і поганою якістю зварного шва.

Напівавтоматичне MIG/MAG зварювання є зварюванням в захисних газах GMAW, скорочено від Gas Metal Arc Welding. Воно може бути виконано як в напівавтоматичному, так і в автоматичному режимі. Це процес зварювання, в якому відбувається безперервна подача електродного дроту і захисного газу в зону зварювання через зварювальний пальник. Метою захисного газу є захист місця зварювання від зовнішнього середовища. Зварювання MIG – це скорочення від Metal Inert Gas і означає, що зварювання проходить в інертному газі. Зварювання MAG – відповідно Metal Active Gas, де захисним газом є активний газ.

Важливість правильного вибору захисного газу для MIG/MAG зварювання.

У процесі зварювання для того, щоб захистити зварювальний шов від впливу навколишнього повітря, а саме від азоту і кисню, потрібно обов'язково вводити газ. Попадання азоту і кисню в зону зварювання може привести до пористості, несплавлення, крихкості металу зварного шва і т. д. Ці дефекти – загальна проблема для всіх зварювальних процесів. На основі конкретного процесу зварювання і складу металу визначається захисний газ. Захисний газ для MIG зварювання складається з інертних газів, таких як аргон або гелій. Аргон є переважаючим для всіх видів зварювання внаслідок того, що в його середовищі можна зварювати практично будь-які метали.

Спочатку MIG зварювання використовувалося тільки для зварювання алюмінію. Для MIG зварювання алюмінію в якості захисного газу завжди використовується 100%-ий аргон. Тим не менш, у

другій половині XX століття MIG зварювання було також використано для зварювання інших металів і сплавів в основному за рахунок зниження часу зварювання, в порівнянні з іншими видами зварювання. В даний час це найбільш частий і бажаний зварювальний процес у багатьох галузях зварювального виробництва завдяки своїй універсальності, швидкості і відносній простоті в адаптації до процесів автоматизації зварювання і робототехніки.

Для зварювання сталі використання чистого аргону не вигідно, оскільки він забезпечує достатньо низьке проплавлення. Високе проплавлення при зварюванні сталі забезпечує використання вуглекислого газу. Але навіть при великому проплавленні і дешевизні цього газу в даний час зварювання у вуглекислому газі майже вже не використовують, тому що у вуглекислому газі відбувається велике розбризкування і утворення оксидів в зварювальному шві. Все частіше для зварювання сталі застосовують суміші газів – вуглекислого та аргону. Аргон запобігає надмірному утворенню оксиду, а вуглекислий газ дозволяє глибоке проплавлення. Чим більше вміст вуглекислого газу, тим більше розбризкування. Це відбувається, коли вміст вуглекислого газу більш ніж 20 % в суміші захисних газів. Зазвичай для зварювання сталі використовують суміш 82 % Ar/18 % CO₂, а для зварювання нержавіючої сталі – суміш 98 % Ar/2% CO₂.

Напівавтоматичне MIG/MAG зварювання має ряд переваг:

- високі швидкості зварювання;
- простота навчання техніці зварювання;
- можна робити довгі зварні шви без необхідності зупинятися і запалювати дугу знову;
- не потрібно очищення зварювального шва після зварювання.

Оптимальні результати MIG/MAG зварювання. Для отримання оптимальних результатів зварювання потрібна відповідна настройка зварювального апарату. Налаштування складається з трьох параметрів:

- напруга дуги;
- швидкість подачі дроту;
- витрата захисного газу.

В сучасних зварювальних напівавтоматах існує так званий синергетичний режим. Синергетичний режим – це коли настройка оптимальних параметрів зводиться до простого вибору зварювального матеріалу, товщини металу, типу і діаметра дроту і захисного газу. Всі інші необхідні параметри виставляються апаратом автоматично. Це робить зварювальний напівавтомат зручним у використанні і не вимагає додаткової кваліфікації зварника.

Сайт www.smart2tech.ru

ІНДУСТРІАЛЬНИЙ ПАРК «ПАТОН»

На сучасному етапі розвитку економіки України гостро стоять завдання підвищення ефективності українських виробничих підприємств, а також залучення інвестицій для забезпечення умов стабільного зростання. Одним з інструментів для вирішення цих завдань є створення та розвиток індустриальних парків – спеціальних територій з необхідною транспортно-інженерною інфраструктурою, а також спорудами (виробничі, складські, адміністративні та інші приміщення), які призначені для розміщення та обслуговування потреб різноманітних виробничих та інших підприємств. Користування спільною інфраструктурою, послугами керуючої компанії та можливості для кооперації з іншими учасниками парку дозволяють знизити адміністративні та інфраструктурні витрати, підвищуючи тим самим ефективність їх роботи та конкурентоздатність виготовленої продукції.

Створення індустриальних парків в Україні відкриває нові перспективи для регіонального розвитку, позитивно відображається на фінансовій діяльності вітчизняних промислових підприємств, дозволяє налагодити бізнесові зв'язки у ланцюгу «інвестор – органи місцевого самоврядування – бізнес».

Саме тому як у розвинених країнах світу, так і на пострадянському просторі можна спостерігати зростання кількості індустриальних парків, що можна пояснити як зростаючим попитом на високотехнологічну продукцію, так і активізацією інвестиційних процесів на ринку.

В Україні процес створення індустриальних парків регулюється Законом України «Про індустриальні парки» від 21 червня 2012 р.



Центральний корпус ДЗЗУ ім. Є.О. Патона

№ 5018-VI. Цей Закон визначає правові та організаційні засади створення і функціонування індустриальних парків на території України, з метою забезпечення економічного розвитку та підвищення конкурентоспроможності територій, активізації інвестиційної діяльності, створення нових робочих місць, розвитку сучасної виробничої та ринкової інфраструктури.

Керуючись вищенаведеними перевагами, наприкінці 2020 р. Дослідний завод зварювального устаткування Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона ініціював створення Індустриального парку «ПАТОН», який 24.12.2020 було включено до Реєстру індустриальних (промислових) парків. Новий індустриальний парк буде розміщуватися у Київській області, у Фастівському районі, поряд з смт. Глеваха.



«Основною метою створення індустріального парку є розвиток виробництва зварювальної техніки та матеріалів, залучення інвестицій, необхідних для розвитку регіону, створення нових робочих місць, впровадження новітніх технологій у промисловому виробництві та посилення економічного розвитку території», – зазначив Голова правління ДЗЗУ ІЕЗ ім. Є.О. Патона Анатолій Степахно.

Завдання, які поставили перед собою ініціатори створення Індустріального парку «ПАТОН» є доволі амбітними, зокрема, це створення сприятливих умов для започаткування та подальшого розвитку промислового виробництва; новітні підходи до виробництва, управління виробничим процесом, впровадження новітніх технологій; розвиток комунальної інфраструктури, збільшення енергетичних потужностей регіону; залучення в економіку регіону зовнішніх та внутрішніх інвестицій; наповнення державного та місцевих бюджетів; створення нових робочих місць, в т. ч. висококваліфікованих; сприяння розвитку середнього бізнесу; діяльність на міжнародному рівні; наповнення ринку національним високоякісним продуктом та збільшення експорту за межі країни.

Функціональним призначенням Індустріального парку «ПАТОН» є створення промислового виробництва сучасного високоякісного зварювального устаткування різного призначення та зварювальних матеріалів; виробництво упаковки різного призначення для провідних українських та іноземних підприємств; комплексні послуги зі складського зберігання товарів, логістики та ін.

Парк розміститься на площі в більш ніж 17 га, в 43-х кілометрах від столиці, поряд з міжнародною трасою Е95 у напрямку м. Одеса. Зручність розташування Індустріального парку «ПАТОН» зумовлена близькістю до столиці України (20 хв. на авто) та до основних транспортних артерій (міжнародна автомобільна траса та залізниця), митного терміналу (2,5 км) та міжнародних аеропортів (Київ – 27 км, Бориспіль – 59 км).

Проектом індустріального парку «ПАТОН» передбачено створення до 2 000 нових робочих

місць, побудову власних систем електро-, водопостачання та систем опалення, будівництво сучасних виробничих, офісних, складських приміщень та інших споруд.

Успішна реалізація проекту матиме позитивний вплив на економічний та соціальний розвиток прилеглих населених пунктів та Фастівського району Київської області в цілому – сприятиме інвестиційній активності як вітчизняних, так і зарубіжних підприємств, дозволить прискорити реалізацію стратегії імпортозаміщення, позитивно відобразиться на розвитку інфраструктурних об'єктів регіону, підвищить ефективність та узгодження зв'язків із місцевими органами влади, сприятиме зміцненню економічного потенціалу територіальних громад, забезпечить розвиток малого та середнього бізнесу, що, в свою чергу, збільшить кількість новостворених робочих місць із конкурентною заробітною платнею та високими стандартами соціальних гарантій.

«Беззаперечною перевагою вітчизняного законодавства є той факт, що держава, фінансуючи розвиток інфраструктури таких індустріальних парків, може виступати для них як додаткове джерело інвестицій, знижуючи при цьому реальні витрати бізнесу, та сприяти створенню привабливого інвестиційного клімату як для вітчизняних, так і для зарубіжних інвесторів. Завдяки діючим в країні індустріальним паркам держава може впливати не тільки на відновлення конкурентоспроможності вітчизняних промислових підприємств, а й на вихід на глобальний інвестиційний ринок національної високотехнологічної продукції», – коментує можливості проекту Анатолій Степахно.

Згідно даних Мінекономіки, станом на 28.12.2020 до Реєстру індустріальних (промислових) парків включено 45 індустріальних парків, з яких 23 вже мають керуючі компанії, а 10 парків залучили перших учасників. Такі дані свідчать про все ще ранню фазу розвитку такого інструменту розвитку економіки, як індустріальні парки в цілому, та про наявність великих перспектив у нових проектах цього напрямку.

Дослідний завод зварювального устаткування Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона – провідний виробник зварювального обладнання в Україні, а також є одним з лідерів ринку зварювального обладнання та матеріалів на території країн СНД. Завод було створено у 1959 р. в якості складової одиниці Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона. Станом на 2021 р. Завод серійно виготовляє широкий асортимент зварювального обладнання та матеріалів під торговою маркою ПАТОН™, які окрім України поставляються до більш ніж 30 країн по всьому світу.





ТОВ «ТМ. ВЕЛТЕК» – ПРОВІДНИЙ ВИРОБНИК ПОРОШКОВИХ ДРОТІВ В УКРАЇНІ

За останні 20 років механізоване та автоматизоване зварювання порошковим дротом стало основною альтернативою ручному дуговому зварюванню штучними покритими електродами та механізованому зварюванню дротом суцільного перетину в захисних газах. Збільшення споживання зварювальних порошкових дрозів в розвинених країнах обумовлено об'єктивними техніко-економічними перевагами, такими, як висока продуктивність, відмінні оперативні характеристики, стабільна якість і гарантовані механічні властивості швів при зварюванні сталей різного призначення. Узагальнені показники об'ємів виробництва і застосування зварювальних порошкових дрозів оцінюються на рівні 11 % в країнах Західної Європи, 19 % в США, 27 % в Японії та 36 % в Республіці Корея. Основними галузями їх застосування є суднобудування, спорудження бурових платформ, виробництво конструкцій та будівництво мостів, виготовлення резервуарів і котлів, промислове і транспортне машинобудування.

Металургійні переваги порошкових дрозів головним чином полягають в порівняно легкій та гнучкій адаптації властивостей дроту до складу і властивостей зварюваної сталі, в забезпеченні можливості управління тепловкладенням при зварюванні.

Технологічні переваги порошкових дрозів забезпечуються високою стабільністю горіння дуги, малим розбризкуванням електродного металу, сприятливою формою швів при зварюванні в різних просторових положеннях.

Приклади імпортозаміщення

Марка зварювального порошкового дроту ТОВ «ТМ. ВЕЛТЕК»	Закордонний аналог зварювального порошкового дроту
TMB-MK5	FILARC PZ6102 (ESAB) OK Tubrod 14.13 (ESAB) Outershild mc 710H
ППс-TMB7	FILARC PZ6113 (ESAB) OK Tubrod 15.14 (ESAB) Supercored 71 (HYUNDAI WELDING)

Техніко-економічні переваги застосування порошкових дрозів головним чином полягають у високій продуктивності плавлення, яка обумовлена високою щільністю струму, а також додатковим присадним матеріалом сердечника (залізним порошком). Продуктивність плавлення порошкових дрозів з металевим сердечником досягає 7,2...9,6 кг/год.

На даний час провідним виробником порошкових дрозів в Україні є компанія ТОВ «ТМ. ВЕЛТЕК». Дякуючи інвестиціям в модернізацію і оновлення основних фондів, впровадження сучасних технологій і цілеспрямовану професійну підготовку кадрів підприємство вийшло на якісно новий рівень виробництва продукції. В даний момент потенціал підприємства дозволяє за широкою номенклатурою матеріалів повернути втрачені раніше Україною позиції на ринку зварювальних матеріалів і запропонувати вітчизняній промисловості за програмою імпортозаміщення високоякісні порошкові дрти для зварювання і наплавлення, які не поступаються, а в ряді випадків перевершують іноземні аналоги.

Найбільш широко використовуються в промисловості України порошкові дрти для зварювання в захисних газах металоконструкцій з маловуглецевих, вуглецевих, низьколегованих конструкційних і судових сталей. У зв'язку з тенденцією збільшення обсягу виробництва зварних металоконструкцій в промисловому і цивільному будівництві, мостобудуванні, в тому числі і в експортному варіанті, ТОВ «ТМ. ВЕЛТЕК» пропонує застосовувати в цих галузях дві нові марки дрозів: TMB7-G (C1; M21)-1,2 (1,6) і TMB-MK5-G (M21)-1,2 (1,6), які в рамках імпортозаміщення дозволять суттєво змінити частку застосування імпортих аналогів.

З більш детальною інформацією про запропоновані матеріали можна ознайомитись за посиланнями:

<https://weldtech-group.com/rus/FCWw-TMW-mc5>

https://weldtech-group.com/rus/PPc_TMV7



ППс-TMB7

ТУ У 19369185.008-96

EN ISO 17632 - A : T 42 4 P C 1 H5

EN ISO 17632 - A : T 42 4 P M21 1 H10

AWS A5.36 : E71T1-C1A4-CS2-H4

AWS A5.36 : E71T1-M21A4-CS2-H8

ГОСТ 26271-84



TMB-MK5

ТУ У 19369185.008-96

EN ISO 17632 - A : T 42 4 P C 1 H5

EN ISO 17632 - A : T 42 4 P M21 1 H10

AWS A5.36 : E71T1-C1A4-CS2-H4

AWS A5.36 : E71T1-M21A4-CS2-H8

ГОСТ 26271-84



ПРИНЦИПИ ПІДБОРУ ОПТИЧНОЇ СИСТЕМИ СТЕЖЕННЯ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ РІЗНИХ ВИРОБНИЧИХ ЗАВДАНЬ

На сучасному рівні науково-технічного і соціального прогресу основною формою зварювального виробництва стає комплексно автоматизоване і високо механізоване виробництво, не тільки масове, але і серійне. Будь-які неавтоматизовані операції зварювання слід розглядати як приватне, вимушене рішення, коли в конкретних умовах виробництва ще не виникли технічні та економічні передумови для автоматизації. Окремим випадком автоматизації є роботизація зварювальних процесів і операцій. Перевага роботизації – гнучкість (можливість переналагодження) комплексів і ліній, що важко досягти автоматизацією.

На відміну від автоматизованих ліній для зварювання, де коригування траєкторій виконується за участю оператора в режимі реального часу, в роботизованих лініях (далі РТК) коригування, при необхідності, має виконуватися в автоматичному режимі.

Більшість завдань не вимагає використання систем стеження для роботизованого зварювання. Такий підхід можливий при забезпеченні необхідної точності позиціонування деталей і зварних стиків. Це забезпечується точністю заготівельного виробництва, використанням складально-зварювальних кондукторів.

При неможливості організувати необхідну точність позиціонування зварних стиків виникає необхідність у використанні систем технічного зору, а точніше – систем пошуку.

Принципи підбору систем стеження для роботизації зварювальних процесів. Роботизовані системи Fanuc дають можливість використовувати безліч систем і алгоритмів стеження та пошуку деталей. У зварювальному виробництві найбільш застосовуваними є такі системи:

- тактильна система пошуку деталей TouchSensing;
- система стеження по силі струму TAST;
- лазерно-оптичні системи стеження на базі триангуляційних датчиків.

Тактильна система пошуку TouchSensing. Дозволяє виконувати пошук і виявлення кромки кутових з'єднань і з'єднань в напуск дотиком. Опція Fanuc TouchSensing виконує виявлення як окремих стиків, так і складання в цілому. Специалізоване зварювальне обладнання для роботизованого зварювання – **Kemppi Kemparc Pulse, Kemparc SYN** або **Kemppi A7 MIG**, при інтеграції до складу РТК **Fanuc**, за допомогою цифрових протоколів Ethernet / IP, дає можливість повноцінно використовувати функцію TouchSensing. При активації даної функції зварювальне джерело

подає на дріт або на сопло пальника (вибирається опційно) струм напругою від 50 до 200 В. В цей момент маніпулятор РТК виконує переміщення зварювального пальника на невеликих швидкостях до моменту дотику дроту або сопла пальника (опційно) з виробом. У момент зіткнення зварювальне джерело відключає подачу струму і дає відповідний сигнал контролеру РТК про виявлення. Контролер РТК зберігає координати точки дотику. Таким чином виконується пошук кромки зварних стиків.

Особливості системи пошуку Fanuc TouchSensing:

- відсутність необхідності в додатковому устаткуванні;
- простота використання;
- низька вартість програмного забезпечення;
- відсутність додаткових модулів на зварювальному пальнику, що в свою чергу не обмежує досяжність при зварюванні складних деталей і вузлів.

Обмеження при використанні даної функції:

- не може бути застосована для виявлення стикових з'єднань;
- не має можливості виконувати коригування під час зварювання;
- додаткові витрати часу на пошук і виявлення.

Система відстеження по силі зварювального струму TAST. Система **FANUC TAST** (Through Arc Seam Tracking) – система стеження, яку відносять до тактильних. Вона дозволяє виконувати відстеження стику і автоматичне коригування траєкторії в режимі реального часу. Застосовується для кутових, таврових і з'єднань внапуск, а також стикових з обробкою кромки. **FANUC TAST** працює при залученні зварювальних коливань. В протилежних точках (крайніх точках) зварювальних коливань контролер РТК виконує зчитування показань сили зварювального струму. Цифрове зварювальне джерело живлення **Kemppi Kemparc Pulse** або **Kemppi A7 MIG** передає на контролер РТК в режимі реального часу інформацію про силу зварювального струму і напругу.

При відхиленні фактичного положення стику від заздалегідь заданої траєкторії різниця показань сили струму в протилежних точках коливань буде збільшуватися. Система **Fanuc TAST** автоматично, в режимі реального часу, буде виконувати коригування траєкторії до моменту





зниження до нуля різниці показань сил струму в протилежних точках коливань.

Системи стеження TAST рекомендовано використовувати в парі з системою пошуку TouchSensing. Даний підхід дозволяє домогтися високої точності позиціонування маніпулятора РТК, одночасно знизивши витрати часу на пошук з використанням системи TouchSensing.

Відмінні риси системи стеження Fanuc TAST:

- відсутність необхідності в додатковому устаткуванні;
- простота використання;
- низька вартість програмного забезпечення;
- відсутність додаткових модулів на зварювальному пальнику не обмежує досяжність при зварюванні складних деталей і вузлів;
- коригування траєкторії під час зварювання.

Обмеження при використанні даної функції:

- не може бути застосована для відстеження стикових з'єднань без обробки кромки;
- доступно лише при використанні зварювальних коливань;
- не може бути застосована при імпульсному зварюванні.

Лазерно-оптична система стеження. Лазерно-оптична система стеження (ЛОС) є найбільш універсальною, але одночасно і найбільш складною серед перерахованих систем стеження. Система ЛОС відноситься до безконтактних систем стеження, оскільки відсутній безпосередній контакт датчика і виробу, що зварюється.

Система лазерно-оптичного стеження дозволяє виконувати виявлення стиків і кромки зварювальних деталей перед зварюванням, а також виконувати відстеження траєкторії зварного стику в режимі реального часу з автоматичною корекцією траєкторії руху робота.

До відмінних особливостей слід віднести можливість відстеження стикових з'єднань з мінімальним зазором, високу точність позиціонування, можливість використання при імпульсному зварюванні. ЛОС можна використовувати для автома-

тичного коригування параметрів і режимів зварювання, а також параметрів коливань в залежності від зміни величини зазорів зварних стиків.

Принцип роботи системи лазерно-оптичного стеження полягає у вимірюванні точок заломлення лазерних променів на зварних з'єднаннях. Результати вимірювань, а також дані для корекції передаються на контролер РТК за допомогою цифрових каналів (для Fanuc – Ethernet / IP).

Даних, що отримуються від системи ЛОС, досить для використання базового програмного забезпечення FANUC для коригування траєкторії, а також параметрів і режимів зварювання.

При необхідності реалізації специфічних завдань інтегратор може розробити власний, індивідуальний алгоритм коригування режимів і параметрів, використовуючи отримані від ЛОС значення в якості вхідних параметрів.

Відмінні риси системи лазерно-оптичного стеження:

- висока точність;
- універсальність;
- можливість використання адаптивного зварювання (зміна параметрів в залежності від зазору стику);
- відсутність фізичного контакту датчика з виробом, а отже – низька сприйнятливості до забруднень стику;
- коригування траєкторії під час зварювання;
- можливість застосування практично для всіх видів зварювання.

Обмеження при використанні системи ЛОС:

- наявність датчика на зварювальному пальнику обмежує доступ до важкодоступних зварних з'єднань в складних конструкціях;
- вартість ЛОС вища, в порівнянні з тактильними системами стеження;
- вище вимоги до кваліфікації персоналу кінцевого користувача.

Якщо ви плануєте інтегрувати в своє виробництво роботизований зварювальний комплекс з системою технічного зору або системним спілкуванням – фахівці ТОВ «Самміт» (інтегратор роботизованих комплексів Fanuc), маючи досвід роботи з ЛОС, TouchSensing та TAST із задоволенням проконсультують, спроектують, поставлять і запустять роботизований комплекс з використанням систем стеження на вашому виробництві. Ми допоможемо вам вирішити виробничі завдання будь-якої складності і готові разом з вами працювати над удосконаленням технологічного процесу на вашому виробництві.



ТОВ «Самміт», м. Дніпро
 тел.: +38 (050) 661-32-24, +38 (067) 561-32-24
 E-mail: dnepr@kemppti.in.ua
<https://kemppti.in.ua>

ДИСЕРТАЦІЇ НА ЗДОБУТТЯ НАУКОВОГО СТУПЕНЯ



Г.О. Полішко (Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України) захистила 10 лютого 2021 р. докторську дисертацію на тему «Наукові основи електрошлакового процесу з рідким металом для одержання суцільних і композитних злитків».

Робота присвячена проблемі підвищення економічності ЕШП, якості та стабільності комплексу властивостей сталей і сплавів за рахунок створення сприятливих умов формування злитків. В дисертації розвинуто теоретичні уявлення щодо фізико-хімічних і тепломасообмінних процесів при ЕШП та випробувано нові практичні підходи до їх вдосконалення використанням рідкого металу замість витратного електрода. Запропоновано застосування нових технологічних схем електрошлакового процесу з рідким металом та обґрунтовано доцільність їх використання для виробництва великовагових злитків для відповідальних виробів (зокрема, композитного ротору для сучасних енергетичних турбін і рейок преміум якості).

Аналізом умов протікання фізико-хімічних і масообмінних процесів в системі шлак-метал при електрошлаковому переплаві з витратним електродом і з рідким металом встановлено вдвічі менша поверхня реагування при ЕШП РМ порівняно з класичним ЕШП (з коефіцієнтом заповнення 0,6...0,7). Показана можливість подання металу до кристалізатора за 70...90 К нижчу температуру, що дозволяє збільшити продуктивність процесу ЕШП РМ порівняно з класичним ЕШП до 15% при збереженні такої ж якості злитка. Встановлено, що плівка на торці електрода



О.М. Сабадаш (Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України) захистив 17 березня 2021 р. кандидатську дисертацію на тему «Технологія реактивно-флюсового паяння тонкостінних конструкцій з алюмінієвих сплавів».

Дисертація присвячена створенню фторидних реактивних флюсів, розробці технології пічного паяння алюмінієвих тонкостінних (від 0,1 мм і більше) багатoelementних конструкцій зі складними замкнутими профілями в атмосфері аргону високої чистоти.

В роботі досліджено процеси високотемпературного реактивно-флюсового паяння тонкостінних алюмінієвих конструкцій з використанням реактивних флюсів сольової системи K, Al, Si/F, які сприяють повному проходженню алюмотермічного відновлення кремнію з флюсу $KF-AlF_3-(K_2SiF_6+AlF_3)$ і, відповідно, підвищують масо-

не є вирішальною стадією в процесі рафінування при класичному ЕШП, оскільки при ЕШП РМ у відсутності витратного електрода було досягнуто однаковий ступінь видалення сірки та близький розподіл і хімічний склад неметалевих включень. Досліджено рух і нагрів та оцінено вплив ступеню деформації крапель рідкого металу в розплавленому шарі шлаку з урахуванням потоків металу в їх об'ємі.

Теоретично доказано та експериментально досліджено технологію ЕШП РМ для отримання композитних злитків з теплостійких сталей 12X13 та 38ХНЗМФА з зоною з'єднання гарантованої якості для роторів турбін нового покоління.

Виконано розрахунково-аналітичне та експериментальне обґрунтування гібридного процесу, що поєднує електрошлаковий підігрів мениску металу і безперервне розливання сталі (ЕШП+БР) з метою зменшення швидкості витягування литої заготовки без порушення формування її поверхні для виробництва довгомірної продукції (заготовки для залізничних рейок і вісей, важких балок, швелерів тощо) на прикладі сучасних рейок з високоміцної сталі.

На основі узагальнених результатів теоретичних і експериментальних досліджень, в тому числі математичного моделювання, розроблено технологічні рекомендації щодо проектування технологічного процесу ЕШП РМ для виготовлення злитків діаметром 500-2500 мм, проведено їх апробацію та впровадження. Проведено техніко-економічні розрахунки показників застосування процесу ЕШП РМ замість класичного ЕШП у виробництві теплостійких та рейкових сталей та доведена економічна ефективність його застосування.

ву долю новоутвореного алюмінієво-кремнієвого припою в вузькому зазорі, що забезпечує формування нероз'ємних з'єднань з високою міцністю та значною величиною пропаю.

Визначено структурні особливості формування паяних з'єднань з припоєм та без присаджування припою. При паянні без присаджування припою (тільки з флюсом) формується структура, яка характерна при проникненні рідкої фази легкоплавкого сплаву Al-8I по границям зерен основного металу.

Визначено, що різниця потенціалів між алюмінієвою підкладкою та флюсом $KF-AlF_3-(K_2SiF_6+AlF_3)$ в системі Al-припій (Al-12Si)-флюс не перевищує 0,05В, що характеризується найменшою електрохімічною гетерогенністю.

На базі результатів досліджень створено негігроскопічні фторидні флюси, розроблено екологічно безпечний технологічний процес пічного паяння тонкостінних алюмінієвих конструкцій хвильоводу в контрольованому газовому середовищі.

ПАМ'ЯТІ М.Л. ЖАДКЕВИЧА



6 березня 2021 р. після тяжкої тривалої хвороби пішов з життя колишній заступник директора Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України, доктор техн. наук, професор, чл.-кор. НАН України, заслужений діяч науки України Михайло Львович Жадкевич.

М.Л. Жадкевич закінчив у 1962 р. металургійний факультет Загальносоюзного політехнічного інституту. Працював на Куйбишевському металургійному заводі (1955-1977) майстром, начальником пресового цеху. Займався питаннями теорії й технології пресування, розробкою та створенням нових високопродуктивних технологій і матеріалів для авіабудування, оборонної техніки, суднобудування і транспортного машинобудування. У 1977–1984 рр. працював у Київському зональному НДІ типового і експериментального проектування помічником керівника виробничо-експериментальної бази, керівником наукового відділення експериментальних алюмінієвих конструкцій, створив комплекс цехів з виготовлення унікальних алюмінієвих конструкцій.

З 1984 р. М.Л. Жадкевич працював в ІЕЗ ім. Є.О. Патона – головним інженером, директором Дослідного заводу спеціальної електрометалургії. Займався створенням промислових технологій електрошлакового лиття заготовок деталей для машинобудування, електронно-променевого напилення захисних покриттів на лопатки газотурбоагрегатів, електронно-променевого зварювання виробів нової техніки для оборонної, суднобудівної та енергетичної галузей промисловості. З 1993 по 2007 рр. – заступник директора Інституту електрозварювання з наукової роботи та економіки, виконував наукові дослідження зміцнення металів і сплавів шляхом застосування високотемпературних деформацій, поліпшення структури та експлуатаційних властивостей електрошлакового металу і сплавів, зокрема, сплавів, отриманих електронно-променевими технологіями; розробляв промислові технології отримання спеціальних матеріалів для виробів нової техніки методами спеціальної електрометалургії та обробки металів тиском. Зробив великий внесок у розв'язання питань підвищення економічної ефективності в діяльності підрозділів інституту.

Він є автором більш ніж 420 наукових робіт, серед яких вісім монографій. Підготував чотирьох докторів та трьох кандидатів наук. Заслуги вченого відзначено орденом Трудового Червоного Прапора і Почесною Грамотою Президії Верховної Ради УРСР.

Світла пам'ять про Михайла Львовича, фахівця, вченого і керівника, доброї і чуйної людини надовго збережеться в серцях тих, хто з ним працював і спілкувався.

Інститут електрозварювання
ім. Є.О. Патона НАН України
Редакція та редколегія журналу
«Автоматичне зварювання»