

З АВТОМАТИЧНЕ ЗВАРЮВАННЯ

06
2020

Автоматическая сварка

Видається 12 разів на рік з 1948 р.

Automatic Welding

Published 12 times per year since 1948

ЗМІСТ

НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

Головко В.В., Ермоленко Д.Ю., Степанюк С.М.
Вплив введення тугоплавких сполук до зварювальної ванни на дендритну структуру металу швів..... 3

Завдовеєв А.В., Позняков В.Д., Rogante М., Жданов С.Л., Костін В.А., Соловейчук Т.Г.
Особливості формування структури і властивості з'єднань сталі S460M, виконаних імпульсно-дуговим зварюванням 11

Дмитрик В.В., Царюк А.К., Гаращенко О.С., Сиренко Т.О. Структурний стан та втомлювана пошкоджуваність зварних з'єднань паропроводів..... 17

Гайворонський О.А., Позняков В.Д., Берднікова О.М., Алексеєнко Т.О., Шишкевич О.С. Вплив низькотемпературного відпуску на структуру та властивості зварних з'єднань високоміцної сталі 30X2H2MF 23

Jianxin Wang, Yun Zhou, Taikun Fan. Вплив домішок кобальта на поверхню розділу припою Sn-Ag-Cu та мідної підкладки..... 31

Максимова С.В., Зволінський І.В., Юрків В.В.
Геометричні параметри паяного шва та його структура при плазмовому паянні оцинкованої сталі 35

ВИРОБНИЧИЙ РОЗДІЛ

Коваль М.П., Кучук-Яценко С.І., Качинський В.С.
Система управління, реєстрації параметрів та контролю в процесі пресового зварювання труб магнітокерованою дугою 40

Стефанів Б.В. Особливості відновлення зношених робочих органів бурових доліт 45

ІНФОРМАЦІЯ

По закордонним журналам
(Welding in the World № 4, 2020) 51

Патонівська металургія..... 55

Інновації від компанії Fronius 59

М.І. Зініграду – 75!..... 61

CONTENTS

SCIENTIFIC AND TECHNICAL

Holovko V.V., Ermolenko D.Yu., Stepanyuk S.M.
The influence of introducing refractory compounds into the weld pool on the weld metal dendritic structure..... 3

Zavdoveev A.V., Pozdnyakov V.D., Rogante M., Zhdanov S.L., Kostin V.A., Solovejchuk T.G. Features of structure formation and properties of joints of S460M steel, made by pulsed-arc welding 11

Dmitrik V.V., Tsaryuk A.K., Garashchenko O.S., Sirenko T.O. Structural condition and fatigue damageability of welded joints of steam pipelines..... 17

Gaivoronsky O.A., Poznyakov V.D., Berdnikova O.M., Alekseenko T.O., Shyshkevych O.S. Influence of low-temperature tempered structure and properties of welded joints of high-strength steel 30Kh2N2MF 23

Jianxin Wang, Yun Zhou, Taikun Fan. Effect of Co addition on interface reaction between Sn-Ag-Cu solder and cu substrate 31

Maksymova S.V., Zvolinskii I.V., Yurkiv V.V.
Geometrical parameters of the brazed seam and its structure in plasma brazing of galvanized steel..... 35

INDUSTRIAL

Koval M.P., Kuchuk-Yatsenko S.I., Kachynsky V.S.
System of control, registration of parameters and control in the process of press welding of pipes using magnetically-impelled arc 40

Stefaniv B.V. Peculiarities of repair of worn areas of drill bit bodies..... 45

INFORMATION

According to foreign welding journals
(Welding in the World № 4, 2020) 51

Paton metallurgy..... 55

Innovations from Fronius 59

M.I. Zinigrad is 75 61



Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона НАНУ представляє Україну
в Міжнародному інституті зварювання
та в Європейській зварювальній федерації
The E.O. Paton Electric Welding Institute of the NASU represents Ukraine
in International Institute of Welding
and in European Federation for Welding



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

Автоматичне зварювання Автоматическая сварка Automatic Welding

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Вчені ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАНУ:
Б.Є. Патон (головний редактор),
С.І. Кучук-Яценко (заст. гол. ред.),
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» (видавець)

Адреса

ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАНУ
03150, Україна, Київ-150,
вул. Казимира Малевича, 11
Тел.: (38044) 200 6302, 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

Передплатний індекс 70031.

12 випусків на рік (видається щомісячно).

Друкована версія: 2400 грн. за річний комплект
з урахуванням доставки рекомендованою банделоллю.

Електронна версія: 2400 грн. за річний комплект
(випуски журналу надсилаються електронною поштою
у форматі .pdf або для IP-адреси комп'ютера
передплатника надається доступ до архіву журналу).

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:
B.E. Paton (Editor-in-Chief),
S.I. Kuchuk-Yatsenko (Deputy Editor-in-Chief),
V.M. Lipodaev (Staff Deputy Editor-in-Chief)
O.M. Berdnikova, Yu.S. Borisov,
V.V. Knysh, V.M. Korzhyk, I.V. Krivtsun,
Yu.M. Lankin, L.M. Lobanov,
S.Yu. Maksimov, M.O. Pashchin,
V.D. Poznyakov, I.O. Ryabtsev,
K.A. Yushchenko;
V.V. Dmitrik, NTU «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv;
V.V. Kvasnytskyi, E.P. Chvertko, NTUU «Igor Sykorsky
Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv;
M.M. Student, Karpenko Physico-Mechanical Institute
of NASU, Lviv;
M. Zinigrad, Ariel University, Israel;
U. Reisgen, Welding and Joining Institute, Aachen, Germany;
Ja. Pilarczyk, Welding Institute, Gliwice, Poland

Founders

National Academy of Sciences of Ukraine,
E.O. Paton Electric Welding Institute of NASU,
International Association «Welding» (Publisher)

Address

E.O. Paton Electric Welding Institute of NASU
03150, Ukraine, Kyiv-150,
11 Kasymyr Malevych Str.
Tel.: (38044) 200 6302, 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

Subscription index 70031.

12 issues per year (issued monthly), back issues available.
\$180, subscriptions for the printed (hard copy) version,
air postage and packaging included.

\$150, subscriptions for the electronic version
(sending issues of Journal in pdf format
or providing access to IP addresses).

«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.

Підписано до друку 16.06.2020.
Формат 60×84/8. Офсетний друк. Ум. друк. арк. 7.44.
Друк ТОВ «ДІА».
03022, м. Київ-22, вул. Васильківська, 45.

По закордонним журналам

Реферати статей з журналу

«Welding in the World», №4, 2020 р.*

Мікроструктурна еволюція та чутливість до розтріскування аустенітної нержавіючої сталі. *Shun Tokita, Kota Kadoi, Yudai Kanno & Hiroshige Inoue*, pp. 593–600

Тріщини кристалізації є серйозною проблемою при зварюванні аустенітних нержавіючих сталей. Оскільки процес кристалізації супроводжується міжзеренною кристалізацією, параметри граничних зерен можуть впливати на сприйнятливості до розтріскування при кристалізації. З іншого боку, стовпчасті зерна металу зварного шва утворюються епітаксіальним зростанням із зерен основного металу. Тому очікується, що мікроструктура та сприйнятливості до розтріскування металу зварного шва можуть бути взаємопов'язані. У цій роботі було досліджено вплив мікроструктури основного металу на мікроструктуру та сприйнятливості до тріщин в металі зварного шва. Термомеханічним способом були змінені параметри зерен в структурі основного металу нержавіючої сталі типу 310S. Сприйнятливості до тріщин кристалізації оцінювали за допомогою тесту Транс-Варестрайн. Термомеханічно оброблений зразок мав більше співвідношення параметрів решітки зерен збігу (CSL) порівняно з вихідним металом. Крім того, було виявлено, що зразок менш сприйнятливий до розтріскування при кристалізації, ніж отриманий із вихідного матеріалу. Аналіз показав, що складна форма та розподіл меж зерен в термомеханічно обробленому зразку впливають на ініціювання та розповсюдження тріщин затвердіння.

WeldForming: нова технологічна комбінація для поліпшення властивостей зварного шва. *T.-E. Adams, S. Härtel, A. Hälsig, B. Awiszus & P. Mayr*, pp. 601–610

Високий вхід тепла при зварюванні плавленням призводить до перетворень мікроструктури в зоні термічного впливу металу, що підлягає зварюванню. Це призводить до гетерогенізації кристалічної структури та загальному погіршенню механічних властивостей. Для зменшення згубного ефекту найсучаснішими є процеси післяобробки, які, як правило, відокремлюються від власне зварювального процесу. Ця робота показує нову методологію WeldForming, яка має намір усунути подальші процеси відновлення. Нова технологія пов'язана з комбінацією, яка використовує синергію зварювання та прокатки, щоб у кінцевому рахунку запобігти утворенню типової зони, на яку впливає теплозварювання. Експери-

ментальні дослідження в поєднанні з детальним чисельним моделюванням сполученого процесу зварювання та формування свідчать про функціональне підтвердження нової методології. Валідація чисельної моделі проводиться за допомогою температурних профілів, перерізів та мікроструктурного аналізу, а також кривих потоків, що визначаються перевірними тестами на термомеханічних моделюваннях.

Лазерне зварювання лазерно-структурованих мідних з'єднувачів для комбінованих акумуляторів та силової електроніки. *Johanna Helm, Adrian Schulz, Alexander Olowinsky, Andreas Dohrn & Reinhart Poprawe*, pp. 611–622

Електрифікація автомобільної промисловості призводить до зростання попиту на високоефективні системи зберігання енергії. Чим складніший акумулятор, тим складнішими будуть електронні компоненти. Дуже високі струми повинні транспортуватися за короткий час, і дуже швидкими є електричні процеси перемикання. Ці вимоги впливають на необхідну якість електричного з'єднання. Крім того, потрібен процес приєднання, який пропонує короткий час циклу та високий ступінь автоматизації. Лазерне мікрозварювання волокнистими лазерами (1070 нм) відповідає вимогам, що пред'являються до технології з'єднання. Завдяки високій якості пучка можна досягти дуже малих точкових діаметрів і, отже, дуже високої інтенсивності. Мідні матеріали високої чистоти використовуються для досягнення високої провідності електричного з'єднання. Цей матеріал, в свою чергу, становить великий виклик для процесу зварювання, оскільки коефіцієнт відбиття для згаданих джерел вище 95 %.

У цій статті представлений спосіб істотного зменшення коефіцієнта відбиття мідних з'єднувачів, що робить процес з'єднання більш ефективним. Для цього мідні з'єднувачі спочатку попередньо обробляються ультракоротким імпульсним лазерним процесом, що значно збільшує площу поверхні. На другому етапі на структурованих поверхнях проводяться зварювання з шаруватої пластини і визначається коефіцієнт поглинання в процесі зварювання за допомогою подвійної інтегруючої сферичної збірки порівняно з пробою міді.

Числовий аналіз розподілу температури при лазерному глибокому зварюванні дуплексної нержавіючої сталі за допомогою двопробеневого методу. *Andreas Fey, Stefan Ulrich, Simon Jahn & Peter Schaaf*, pp. 623–632

* «Welding in the World», Vol. 64, Issue 4

У цьому дослідженні було присвячено чисельне визначення та подальша оптимізація розподілу температури при лазерному зварюванні тонких металевих конструкцій з дуплексної нержавіючої сталі (X2CrNiMoN22-5-3). Ця робота описує теоретичний спосіб навмисного зниження високих швидкостей охолодження, пов'язаних з процесом, за допомогою цифрового моделювання двопробного методу. Спочатку температурні поля, що залежать від параметрів зварювання, були проаналізовані та прийняті без наступного нагрівання, моделюючи тіло потоку, температурне поле якого досягло стаціонарного стану. На основі найсучаснішої літератури було проведено визначення температурно-залежних даних про рідину та термодинамічні матеріали. Місце проплаву, яке є центральним елементом введення енергії під час лазерного глибокого зварювання, було змодельовано як міцна стінка. Крім того, були зараховані найважливіші впливи складного потоку розплавленої ванни, такі як конвекція Марангоні. Експериментальні випробування на зварювання та підготовка металографічних досліджень були використані для перевірки моделювання без повторного нагрівання. Другий лазерний промінь чисельно моделювали, використовуючи різні розподіли інтенсивності. За допомогою цієї процедури було проведено моделювання трьох різних стратегій повторного нагрівання.

Особливості кристалізації 9%-их хромистих сталей та її вплив на механічні властивості.
A. Nitsche, pp. 633–645

Мартенситні сталі 9% Cr відіграють важливу роль у впровадженні сучасних і високоефективних технологій вироблення електроенергії. У представленому дослідженні проаналізовано явища кристалізації в розплавах жаростійких присадних металів з 9% Cr та їх вплив на механічні властивості металу зварного шва. Основна увага приділялася з'єднанням сталей марки P91 та CB2, які були зварені порошковими дротами. Дослідження зварних з'єднань та металів зварних швів у стані після пошкодження при повзучості та розвантаження дозволило детально проаналізувати утворення та розвиток неоднорідних ділянок. Мікроструктура окремих металів зварних швів детально характеризувалась як в зварному, так і в термічно обробленому стані. Показано, що неоднорідності утворились на великих ділянках металу зварного шва. Зокрема, вимірювання EDX дозволили пояснити ці явища затвердіння та простежити їх розвиток у процесі виготовлення зварних з'єднань. Було встановлено, що навіть незначний нерівномірний розподіл хрому та дифузія вуглецю спричинили значні негативні наслідки на розвиток мікроструктур зварних металів. Крім того, обговорюється вплив цих мікроструктурних неоднорідностей як на механічні властивості металу шва, так і на міцність при повзучості. В завершенні було про-

ведено випробування зварних з'єднань для оптимізації мікроструктури металу швів, одержаних з порошковим дротом, та отримано можливості уникнути мікроструктурних неоднорідностей. Результати показують, що на короточасні та довготривалі властивості металу зварного шва впливають неоднорідні ділянки всередині металу зварного шва. Підсумовуючи це, можна припустити, що для марок сталі P91 та CB2 безпека установок при високотемпературній експлуатації не знаходиться під загрозою.

Застосування дробеструменевої обробки зварних з'єднань існуючих сталевих мостів.
Koji Kinoshita, Yuki Ono, Yuki Banno, Shohey Yamada & Mitsuru Handa, pp. 647–660

Перед повторним фарбування існуючих сталевих мостів проводять роботи з видалення фарби стиснутим повітрям з металевими частками та дробом. З метою охорони навколишнього середовища від старої фарби, яка містить свинець та поліхлорфільований біфеніл, в Японії розроблено та використовуються на практиці технології очищення конструкцій моста в польових умовах за рахунок багатократного використання (циркуляції) стиснутого повітря із сталевими частками та дробом. Дані технології очищення поверхні можуть бути вдосконалені, щоб використовувати їх ще і як дробеструменеву обробку з метою наведення сприятливих залишкових напружень стиску. В даній роботі було досліджено застосування дробеструменевої обробки з використанням циркуляції стиснутого повітря з сталевим дробом для обробки зварних з'єднань існуючого пілотного сталюого моста перед повторним фарбуванням. Для забезпечення якісної дробеструменевої обробки вимірювали та контролювали ступінь покриття дробом поверхні біля зварних з'єднань, що дозволяло визначити рівномірність ударів дробу в зоні обробки. Після контролю ступеня обробки поверхні з метою визначення рівня залишкових напружень стиску, наведених дробеструменевою обробкою, методом рентгенівської дифракції вимірювали залишкові напруження в зварних швах пілотного моста. Результати вимірювань показали, що дробеструменева обробка наводить залишкові напруження стиску на глибину до 400..500 мкм, при цьому їх максимальні значення сягають – 350 МПа на глибині 100 мкм. Отримані залишкові напруження стиску біля зварних швів пілотного моста порівнювали з залишковими напруженнями стиску в плоских зразках, які оброблювали дробом з відповідним ступенем покриття поверхні. Встановлено, що залишкові напруження стиску в плоских зразках відповідають напруженням в пілотному мості, тобто це означає, що дробеструменева обробка дозволяє підвищу-

вати втомну міцність зварних з'єднань існуючих зварних мостів.

Вплив відхилення пучка при електронно-променевому зварюванні сплавів Ti-22Al-25Nb/TC4. *Shaogang Wang, Yuan Chen & Lize Li*, pp. 661–670

Різні сплави Ti-22Al-25Nb (at. %) і TC4 зварювали електронно-променевим зварюванням (EBW) (з відхиленням пучка електронів на сторону TC4 або без). Досліджується мікроструктура та механічні властивості зварних з'єднань. Результати показують, що мікроструктура литої зони (FZ) складається з B_2 -фази та мартенситної α' -фази. Зона термічного впливу (HAZ) зі сторони Ti-22Al-25Nb поблизу FZ складається з фази B_2 і трохи фази α_2 , а сторона TC4 поблизу FZ – α' -фаза. При відхиленні пучка електронів на сторону TC4 на 0,15 мм під час зварювання можна отримати зварне з'єднання з гарним виглядом зварного шва, а гранична міцність на розтяг та подовження зварного з'єднання досягає відповідно 967,6 МПа та 3,1 %. Мікротвердість в зоні зварювання з відхиленням пучка менша, ніж без відхилення пучка. Коливання електронних променів можуть повністю перемішувати розплавлений басейн під час зварювання, а основні легуючі елементи розподіляються рівномірно у металі шва. В цілому механічні показники зварного з'єднання з відхиленням балки кращі.

Вплив термообробки після зварювання на мікроструктуру та механічні властивості високоміцних сталевих стиків DP800 та DP1200 із застосуванням діодного лазерного зварювання. *Raghawendra P.S. Sisodia, Marcell Gáspár & László Draskóczy*, pp. 671–681

Серед доступних високоміцних сталей зростає попит на двофазні (DP) сталі для широкого застосування в автомобільній промисловості завдяки їх хорошому поєднанню високої міцності, пластичності та формуємості. Також використання інноваційних зварювальних технологій, таких як зварювання лазерним променем (LBW), набуває все більшого значення у галузі високоміцної сталі через її досконалість у забезпеченні високоякісних зварних швів, високій швидкості зварювання, високій щільності потужності, низькому введенні тепла, вузькій зоні впливу тепла та низькому спотворенню тепла порівняно зі звичайним методом дугового зварювання з металевим газом. Однак твердіння та розм'якшення в зоні, що зазнає впливу тепла, є головною проблемою при зварюванні високоміцної сталі, тобто двухфазної сталі, сильно впливаючи на міцність, формування та пластичність суцільнозварного з'єднання, що впливає на продуктивність та надійність сервісу. На основі попередніх експериментів оптимальною умовою зварювання була номінальна потужність лазера

1,0 кВт та швидкість зварювання 8 мм/с. Метою даної роботи є аналіз та порівняння характеристик зон зварювання та нагрітих зон, мікроструктури та механічних властивостей стикових з'єднань двухфазних сталей товщиною 1 мм з високоміцної сталі DP800 та DP1200 (HSS) методом діодного лазерного зварювання. Вплив термообробки після зварного шва (PWHT) на зміцнення лазерних зварних з'єднань оцінювали мікроструктурними дослідженнями під оптичним мікроскопом та скануючим електронним мікроскопом, а механічні властивості досліджували за допомогою тесту на мікротвердість, випробування на три точки згину та випробування на розтяг.

Вплив параметрів зварювання на характеристики мікроструктури та втомні властивості різних з'єднань, підготовлених зварюванням лінійним тертям на титанових сплавах TC11 та TC17. *Jun Yang, Jinglong Li, Jiangtao Xiong, Jianghai Liao & Feng Jin*, pp. 683–695

Лінійне зварювання тертям (LFW) проводили на титанових сплавах TC11 (Ti-6,5Al-3,5Mo-1,5Zr-0,3Si) та TC17 (Ti-5Al-2Sn-2Zr-4Mo-4Cr) у зразків з перетином 75×20 мм, при якому параметри зварювання встановлювали: частота коливань 20...60 Гц з амплітудою 2...3 мм, тиском тертя 58,8...65,3 МПа і часом тертя 3...5 с та тиском зтиснення 49...78,4 МПа, часом затримки 30 с. Вимірювали та аналізували характеристики мікроструктури та межі втоми. Після LFW відбувається зміна мікроструктури з мартенситом у зоні зварювання та подовженими зернами в термомеханічній зоні. Вплив амплітуди та частоти на властивості втоми більший, ніж час тертя та тиск зтиснення. Зі збільшенням амплітуди та частоти коливань межа спочатку збільшується, а потім зменшується. Відповідно, були отримані оптимальні параметри. Тенденція зміни α -фази в зоні зварювання добре узгоджується з параметрами зварювання та межою втоми. Тим часом поверхня злому представляє собою композитний злом квазірозщеплення, смуги втоми та ямки. Розміщення смуг втоми спочатку стає меншим, а потім більшим із збільшенням амплітуди, що відповідає зміні межі втоми.

Лазерне паяння різновидних металів алюмінієвого сплаву і оцинкованої сталі та контроль дефектів шляхом проміжного прошарку. *Tomo Ogura, Reiko Wakazono, Shotaro Yamashita & Kazuyoshi Saida*, pp. 697–706

Досліджено мікроструктуру і міцність на зріз з'єднання, отриманого шляхом лазерного паяння різновидних металів алюмінієвого сплаву та оцинкованої (GA) сталі. В результаті випаровування цинку під час лазерного паяння утворюється пара; на міцність зрізу суттєво впливали не

інтерметалічні сполуки (ІМС) на межі припій / сталь GA, а пористість. Шляхом вставки проміжного титанового шару випаровування цинку було подавлено, а пористість контролювали. Міцність з'єднань була покращена шляхом подавлення пористості завдяки термічній деформації прошарку Ti та збільшення товщини припою шляхом оптимізації параметру паяння. Тест на твердість показав, що руйнування відбувається переважно по припою; однак із збільшенням товщини припою розрив відбувається поблизу зони термічного впливу A5052, оскільки об'єм припою збільшується. Максимальна міцність з'єднання складає 185 Н/мм, що становить приблизно 73 % від міцності (254 Н/мм) основного матеріалу A5052 і основний матеріал частково руйнувався.

Втома паяних з'єднань з X5CrNi18-10 і Cu110 та визначення надійних підходів до оцінки. *J. Baumgartner, W. Tillmann, K. Bobzin, M. Öte, S. Wiesner & N. Sievers*, pp. 707–719

Паяння в прохідній конвеєрній печі є доволі економічним способом з'єднання компонентів, що складаються з багатьох окремих частин. Воно широко використовується в багатьох галузях промисловості, таких як автомобілебудування або енергетика. Не дивлячись на те, що є багато компонентів, які циклічно навантажуються під час експлуатації, до теперішнього часу немає прийнятних підходів для оцінки терміну їх служби при експлуатаційних навантаженнях. Щоб оцінити втомну міцність паяних з'єднань, були досліджені три різних типів зразків: відшарування і зсув, а також зразки, що подібні до компонентів. Зразки були охарактеризовані і випробувані під керуванням навантаженням із застосуванням постійної і перемінної амплітуди. Потім втомну міцність таких з'єднань оцінювали по лінійно-пружним ударним навантаженням. Отримана *S-N* крива та сума характерних пошкоджень дозволяють здійснити надійну оцінку втоми. Були визначені подальші параметри, що сильно впливають на довговічність, топологію поверхні та на загальну якість паяних з'єднань. Обговорюється їх вплив.

Візуалізація розплавленого басейну ванни від лазерного променя, зануреного в дуговий процес при гібридному зварюванні. *U. Reisgen, S. Olschok & O. Engels*, pp. 721–727

На сьогоднішній день дугове зварювання є переважачим промисловим процесом при з'єднанні різних марок сталі в діапазоні товщин пластин близько 40 мм. При цьому витрачається більше енергії та використовується велика кількість зварювальних шарів. Комбінуючи звичайний процес дугового зварювання з методом зварювання лазерним променем, можливо з'єднання лише з двома зварювальними шарами. Це значно скорочує час зварювання та термічно збалансує введення енергії. Характерною особливістю гібридного зварювального процесу є формування загальної зварної ванни. У попередніх дослідженнях змішування розплавленої ванни вже було доведено за допомогою методів хімічного аналізу. У контексті даної роботи також обговорюється формування гібридної ванни зварних швів. Розплавлений матеріал витісняється із зони приєднання за допомогою тиску газу. Згодом датчик світлового перерізу був використаний для сканування цієї ділянки та отримання тривимірного зображення з раніше розплавленої ділянки шва. Це показує, що виробляється одна суміжна ванна розплаву. Нарешті, будуть представлені та обговорені перші односторонні зварні шви з повним проникненням і підкладкою.

Характерною особливістю гібридного зварювального процесу є формування загальної зварної ванни. У попередніх дослідженнях змішування розплавленої ванни вже було доведено за допомогою методів хімічного аналізу. У контексті даної роботи також обговорюється формування гібридної ванни зварних швів. Розплавлений матеріал витісняється із зони приєднання за допомогою тиску газу. Згодом датчик світлового перерізу був використаний для сканування цієї ділянки та отримання тривимірного зображення з раніше розплавленої ділянки шва. Це показує, що виробляється одна суміжна ванна розплаву. Нарешті, будуть представлені та обговорені перші односторонні зварні шви з повним проникненням і підкладкою.

Коефіцієнт збільшення напруги для кутової нерівності між пластинами із кривизною, спричиненою зварюванням. *Federica Mancini, Heikki Remes, Jani Romanoff & Bruno Reinaldo Goncalves*, pp. 729–751

Побудова легких конструкцій спричиняє нові дизайнерські виклики внаслідок різної механіки деформації, яку зазнають тоншепокривні конструкції. Через зменшену жорсткість вигину тонкі пластини особливо чутливі до спотворень, викликаних зварюванням, які включають кривизну, крім осевого та глобального кутового перекошу, що спостерігається на товстих плитах. Форма кривизни та амплітуда визначають локальну кутову нерівність на зварному з'єднанні, що спричиняє незначні наслідки вторинного вигину. Тому загальноживаний коефіцієнт збільшення напруги K_m для плоских пластин потребує подальшої розробки для включення ефекту кривизни. У цьому дослідженні пропонуються нові аналітичні методи, які розширюють застосовність існуючих рішень для оцінки структурного напруження вигнутої тонкої пластини під осевим навантаженням. Вдосконалені рецептури відповідають геометричному аналізу нелінійних кінцевих елементів при стисненні (до ~80~80% від границі вигину) та натягу (до межі текучості). Представлено аналіз чутливості для того, щоб показати домінуючу роль ефекту кривизни в оцінці коефіцієнта K_m . Незалежно від прикладеного навантаження, наявність кривизни спричиняє неточність розчину плоскої пластини більше 10%, коли локальна кутова нерівність більш ніж у 1,25 рази перевищує глобальну кутову нерівність у випадку тонкої та стрункої конструкції.

ПАТОНІВСЬКА МЕТАЛУРГІЯ

5 березня 2020 р. вчені та виробничники в галузі зварювання відсвяткували 150-річчя з дня народження засновника нашого Інституту — Євгена Оскаровича Патона. В цій статті зроблено спробу проаналізувати деякі риси цієї видатної людини, що сприяли виникненню саме металургійної потужної складової в барвистому спектрі наукових напрямків Інституту, а також окреслені перспективи металургійних розробок, що проводять дослідники Інституту сьогодні.

Є.О. Патон був водночас вченим й інженером з надзвичайно широкими інтересами в різних галузях людської діяльності. Відповідним був і його кругозір. Тому й направив він дослідження свого Інституту на проблему якості сталей, що підлягають зварюванню. Металургія тоді видавалась хоча й спорідненою галуззю науки, але все ж таки достатньо далекою. Сьогодні ж очевидно є тожність металургійних процесів при отриманні металевих зливок та виливків і зварюванні металів з їх розплавленням і наступним твердінням у зварному шві. Різниця, за виключенням розмірів, практично немає, особливо у випадку зварювання металів одного хімічного складу за допомогою зварювального електроду/дроту того ж хімічного складу, або ж без нього електронним чи лазерним променем. В той же час, у більшості випадків майже вирішальний вплив на якість зварного з'єднання та зварної конструкції в цілому має металургійна якість самих металів, що взаємодіють в процесі зварювання. Тому дослідники Патонівського інституту сміливо взялися за проблему якості сталей для зварювання й почали активно працювати з металом для зварних конструкцій. Найяскравішим прикладом їх зусиль стало створення наприкінці 1940-х років найпоширенішої й сьогодні на теренах колишнього СРСР високоміцної низьколегованої сталі 09Г2С. Зазначимо також, що зварники й металурги за десятиріччя виробництва та використання добре вивчили не тільки позитивні, але й негативні властивості цієї сталі, особливо схильність до утворення т.з. ламелярних або ж шаруватих трісок, що зумовлені ліквідацією кремнію. Тому не дивною була спроба покращити цю сталь, що призвела майже 30 років потому дослідників Інституту до створення сталі 09Г2СЮЧ.

Ми підкреслюємо тут роль зварювальників тому, що зазвичай створенням нових сталей займаються металознавці й металурги, іноді ливар-

ники. В той же час саме подібність металургійних процесів при литті, зварюванні та власне металургії доводить вірність наукової позиції Євгена Оскаровича Патона, який не допускав обмеження наукового та інженерного пошуку. Прямо з цієї точки зору та з огляду на сучасні тенденції розвитку науки видається нагальним припинити штучний поділ наук на фундаментальні та прикладні. Наука єдина і якщо порівняти в застарілих, на наш погляд, термінах її фундаментальні та прикладні, тобто інженерні складові з природою, то це два рівно значущих крила могутнього птаха (недарма ж ще знання геометри еліністичного світу відзначались й видатними інженерними досягненнями). Без перебільшення ми можемо сказати, що дуже різні досягнення цивілізації, як, наприклад, унікальні літаки, мобільні телефони, хмарочоси і комп'ютери з'явилися тільки завдяки поєднанню досягнень науки та інженерії.

Повернемося все ж таки до сталі 09Г2СЮЧ, яка в деяких зразках давала дуже вдалі показники механічних властивостей у порівнянні зі сталлю 09Г2С. Але в цьому випадку якраз відсутність тісної взаємодії з металургами нашкодила зварювальникам. Вони не взяли до уваги багаторічний досвід металургів в зусиллях використати легування рідкоземельними елементами, що свідчив про неможливість досягнення стабільних позитивних результатів при легуванні великих об'ємів металу. Знову ж таки з причин схильності легуючих рідкоземельних елементів до ліквідації. Ми навели ці два приклади для ілюстрації одного з напрямків металургійних пошуків патонівців — створення нових конструкційних матеріалів для зварних конструкцій. Цей шлях продовжується і розвивається і зараз. Наведемо ще два приклади, які стосуються принципів для металургії напрямків, а саме створення й використання високоміцних низько- й середньолегованих сталей. Перш за все торкнемося проблеми використання т.з. карбонітридного зміцнення сталей, яке зазвичай базується на легуванні сталей ванадієм, ніобієм, титаном та азотом. Найвідомішою й найпоширенішою сталлю цього типу є сталь 16Г2АФ. Механічні властивості цієї сталі щонайменше на 20 % перевищують властивості сталі 09Г2С. Але з самого початку широкого впровадження цієї сталі, особливо в вигляді товстолистового прокату для відповідальних конструкцій, саме зварники Патонівського інституту першими зрозуміли вади цієї сталі в зварних з'єд-

наннях, особливо при значних перерізах, що проявились в ліквіації азоту при розплавленні основного металу. В той же час сталі з карбонітридним зміцненням чудово проявили й проявляють себе в литому вигляді й там, де зварювання непотрібне, широко використовуються для виготовлення різноманітного лиття відповідального призначення.

Інший приклад вдалого створення нових сталей патонівцями є винайдення товстостілової сталі 03X20H16AG6 для елементів надпровідних магнітних систем термоядерного реактору проекту ITER, промислова реалізація технології її виплавки й отримання великовагових листових зливків, їх прокатки на товстий лист й подальшого електрошлакового зварювання. Робота ця безумовно націлена на перспективу й має знайти своє місце при поновленні участі України в роботах за міжнародним проектом створення повномасштабного ТОКОМАКу.

Цей напрям металургійних досліджень вдало доповнюють роботи, що націлені на створення нових титанових сплавів з підвищеними експлуатаційними характеристиками. Характерною рисою цих сплавів є те, що вони добре зварюються.

Перші дослідження, виконані в ІЕЗ ім. Е.О. Патона з метою створення нових більш ефективних сплавів на основі титану, були спрямовані на розробку сплавів для зварювального дроту. Задача полягала в тому, щоб підвищити ступінь легування дроту і таким чином при зварюванні середньо- і високолегованих сплавів збільшити міцність швів, не знижуючи показників пластичності. За результатами цих досліджень було розроблено титановий сплав марки СП15 системи $Ti-5Al-2Mo-2V-3,5Nb-1Zr$. Застосування дроту з цього сплаву при зварюванні середньо- і високолегованих титанових сплавів забезпечує найкраще сполучення міцності і пластичності швів у порівнянні з дротами, передбаченими закордонними стандартами.

Подальші дослідження показали, що сплав СП15 має комплекс характеристик, що дозволяють застосовувати його не тільки у вигляді зварю-



Зливки жароміцного титанового сплаву BT3-1 діаметром 840 мм та довжиною 3000 мм



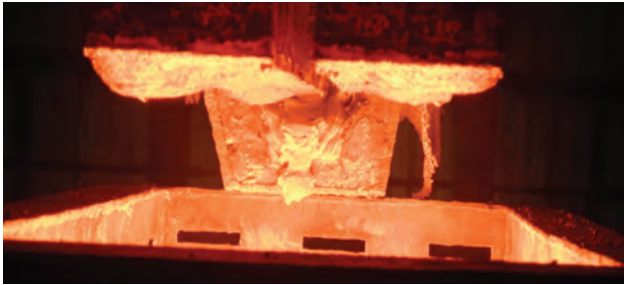
Електронно-променева установка для виплавки титанових зливків діаметром до 1100 мм та масою до 20 т

вального дроту. У литому стані сплав СП15 за показниками міцності і пластичності перевищує усі відомі ливарні сплави. Тому він дуже ефективний для великогабаритного фасонного литва, зокрема силових елементів виробів відповідального призначення. Не менш важливою особливістю сплаву СП15 є його висока корозійна стійкість в агресивних середовищах, що перевищує стійкість технічного титану, міцність якого вдвічі нижче, ніж сплаву СП15. Тому сплав СП15 є дуже ефективним і для хімічного машинобудування.

Для потреб авіаційної промисловості України в Інституті електрозварювання ім. Є.О. Патона розроблено високоміцний титановий сплав T110 ($Ti-5Al-1Mo-1V-4Nb-2Fe-0,5Zr$), який має межу міцності не менш як 1100 МПа і за своїми механічними характеристиками, в тому числі втомними, перевищує показники одного з найкращих радянських титанових сплавів авіаційного призначення BT22 ($Ti-5Al-5Mo-5V-1Fe-1Cr$). На листи зі сплаву T110 оформлено технічні умови України ТУУ 27.4.05416923.071. Цей сплав використовують на практиці для бронезахисних елементів у конструкціях літальних апаратів.

Серед останніх розробок Інституту слід відзначити новий високоміцний двофазний ($\alpha+\beta$)-титановий сплав на основі восьмикомпонентної системи легування $Ti-5Al-3Mo-2V-4Nb-1Cr-1Fe-2,5Zr$ (умовна марка T120) з межею міцності не меншою за 1200 МПа та відносним подовженням не менш як 12 %. На цей сплав у 2016 р. отримано патент України.

Для виробництва титанових сплавів в Інституті електрозварювання ім. Є.О. Патона розроблено технологію електронно-променевої плавки з проміжною ємністю (ЕПП). Технологія ЕПП забезпечує гарантоване видалення тугоплавких включень високої і низької густини. Плавка здійснюється у вакуумі 0,1...0,01 Па, що практично виключає до-



Плавлення витратних електродів при виплавці листового зливка ЕШП

даткове забруднення титану газовими домішками, що дозволяє використовувати в якості вихідної шихти до 100 % брукту і губчастий титан зниженої якості без його попереднього пресування в електрод, що витрачається. Технологія ЕШП також дозволяє виплавляти зливки як круглого, так і квадратного перетинів, а також зливки-сляби.

В даний час головні авіабудівні фірми США використовують електронно-променевий титан для деталей відповідального призначення тільки після переплаву з проміжною ємністю.

Особливо відзначимо, що ці сплави пройшли весь шлях від винаходу і лабораторних випробувань до промислового виробництва в самому Інституті. Підкреслюємо це тому, що поширена сьогодні на всіх континентах структура наукових центрів, що об'єднує наукові лабораторії, конструкторів та виробництво, вперше в світі була реалізована саме Євгеном Оскарівичем Патонем. Навіть сьогодні, в ненайкращі часи свого життя, Інститут вражає обладнанням своїх лабораторій та дослідно-промислових виробництв, в нашому випадку — наявністю металургійних печей для отримання багатотонних зливок сталей та сплавів різних металів.

Найвідомішим успіхом металургійної діяльності Інституту стало створення нових переплавних процесів спеціальної електрометалургії та проведення всебічних досліджень цих процесів, якості переплавленого металу, створення відповідного обладнання та впровадження цих розробок в промисловість, або ж, як тепер кажуть, інноваційна діяльність. Почалось все ще за життя Євгена Оскарівича, коли відкриття явища проходження електричного струму через розплавлений шлак, що не є провідником електричного струму в твердому стані, стало основою для створення не тільки нового способу зварювання — електрошлакового, але й нового способу плавлення металів — електрошлакового переплаву (ЕШП). Перший в світі зливок ЕШП було отримано в лабораторії Інституту ще у 1952 р. Зазначимо також, що приблизно через 15 років в Інституті було розроблено ще один процес спеціальної плавки металів

— це плазово-дуговий переплав (ПДП). Тобто, з чотирьох основних переплавних процесів спеціальної електрометалургії (вакуумно-дугового, електрошлакового, плазово-дугового та електронно-променевого) половину створено саме в Патонівському інституті. Сьогодні ми продовжуємо дослідження цих процесів, створюємо нові системи автоматичного керування плавленням та твердінням зливок. Більш того, вперше в Україні налагоджене серійне виробництво титанових зливок електронно-променевим переплавом, в тому числі безпосередньо з кричного блоку титанової губки. Особливу увагу дослідники приділяють і пошуку шляхів використання адитивної природи поступового плавлення та пошарового твердіння при переплавних процесах. Останнім часом в орбіту наших інтересів і досліджень увійшов і вакуумно-дуговий переплав.

Саме поєднання досліджень процесів зварювання та металургійних переплавних процесів отримання сталей та сплавів найвищого гатунку дозволяло й дозволяє нині патонівцям утримуватись на вістрі науково-технічного прогресу.

Автори сподіваються, що їм вдалось окреслити ті риси Євгена Оскарівича Патона, які зумовили появу наукового центру принципово нового типу з поєднанням наукових лабораторій, конструкторів обладнання та дослідного виробництва. Саме такий симбіоз дозволяє мінімізувати час між дослідженнями в лабораторіях вчених та реалізацією нових знань виробництвом найскладнішої техніки й матеріалів, згуртовує воедино науку і інновації.

Огляд діяльності Патонівського інституту безумовно потребує доповнення розповіддю про вплив Бориса Євгеновича Патона на його металургійну складову, про деталі якого не завжди можна прочитати в його книгах та статтях. Зокрема про те, що саме він був ініціатором розвитку в Інституті не тільки електронно-променевого зварювання, а й переплаву. Безумовно, що визначну роль тут відіграла його унікальна наукова та інженерна інтуїція, яка була притаманна й Євгену Оскарівичу. Більш того, впродовж значного часу саме Борис Євгенович був, так би мовити, позаштатним радником керівників країни з питань металургії. Йому повинні бути вдячні Молдова та Білорусь, бо саме Б.Є. Патон ще за часів СРСР став ініціатором створення в цих країнах міні-металургійних заводів, які відіграють значну роль в економіці обох країн.

Підсумовуючи основні металургійні напрями досліджень та розробок Інституту, їх можна поділити на чотири складові:



ЕШП листового зливка

- розробка нових металевих матеріалів та технологій їх виробництва від плавки до термічної обробки;

- дослідження металургійних явищ плавлення, рафінування та тверднення металів і сплавів, в тому числі в переплавних процесах та при формуванні зливків;

- розробка відповідного обладнання та ефективних технологій;

- прогностичні дослідження розвитку металургії.

Оскільки Патонівська школа передбачає націленість на нове, спробуємо окреслити перспективи по кожному з чотирьох напрямів. Безумовно, буде розширене використання найновіших комп'ютерних методів створення нових металевих матеріалів та аналізу фізико-хімічних процесів при їх виплавці та рафінуванні й продовжено вдосконалення власних математичних моделей процесів кристалізації. Нагальною задачею є також опанування деяких типів сталей та сплавів, що в силу численних причин вже широко застосовують в світі, але, на жаль, залишились поза колом наукового пошуку в Україні. Мова йде перш за все про інтерметаліди титану та заліза й так звані суперсплави на нікелевій основі типу Inconel для сучасних парових та газових турбін з надкритичними параметрами. Окрім цього потребують досконалого вивчення сталі японських металургів з торговою маркою HTUFF®. Завдяки особливостям мікролегування оксидами магнію ці сталі є стійкими до перегріву в зоні термічного впливу при зварюванні, що дозволило повернути в будівництво електрошлакове зварювання, оскільки зварні з'єднання таких сталей не потребують термічної обробки. Додамо до цього переліку ще й високоміцні надлегкі сталі з комплексним легуванням марганцем і алюмінієм, що мають питому вагу менше 7 т/м³.

В дослідженнях металургії переплавних процесів нагальним завданням є розширення існуючих математичних моделей для прогнозування ліквідаційних процесів при кристалізації високолегованих сталей і сплавів та утворення тих чи інших типів фаз в них. Такі моделі мають бути залучені до систем автоматичного керування переплавними процесами, що дозволить підняти рівень якості готових металів та сплавів. На найближчий час це видається головним в розробці нового обладнання й нових технологій.

Останній напрямок потребує сьогодні особливої уваги. На думку авторів в сучасних умовах так званої циркулярної економіки процеси спеціальної електрометалургії можуть й мають відіграти суттєву роль на шляху створення мікрOMETALURGIЙНИХ виробництв з річним обсягом випуску металу до 50 000 т шляхом переплаву відпрацьованих деталей з високолегованих сталей та сплавів для повернення їх в обіг з мінімальними втратами. Вважаємо, що саме ЕШП та холодноподові переплави, тобто ЕПП та ПДП, будуть затребувані для рециклінгу високолегованих сталей та сплавів. Слід акцентувати також, що переплавні процеси є вільною від CO₂ металургією.

Таким чином, вчені Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона ведуть дослідження для вирішення двох типів наукових й інженерних проблем сучасної спеціальної металургії — свого роду традиційних, які ми в більших, чи менших деталях окреслили, а також займаються перспективними напрямками, що пов'язані з народженням на наших очах металургії майбутнього. В металургії переплавних процесів ми очікуємо появу промислових гібридних технологій, що поєднують відомі позитивні результати дугового й шлакового плавлення, а також ведення таких процесів у вакуумі. Видається також перспективним поєднання нагріву променем чи плазмою, характерних для холодноподових переплавів, із залученням додаткових джерел, наприклад, індукційного нагріву. Певні, ми є свідками радикальної трансформації металургії з реальним переходом від традиційного доменного процесу до водневого відновлення з компактними модулями виплавки, розливки й прокатки по типу ESP (endless strip production — безкінечне виробництво листового металу). В тісній творчій співпраці зі зварювальниками й матеріалознавцями Патонівська металургія має гарне майбутнє, безліч завдань й широке поле наукового й інженерного пошуку.

Л.Б. Медовар, С.В. Ахонін

Реалізувати можливість дистанційного контролю за зварювальними операціями допоможуть цифрові інструменти, зокрема програмне забезпечення від компанії Fronius WeldCube Premium.

Керування процесом зварювання з домашнього офісу

Коронавірусна пандемія стала неабияким викликом для суспільства та бізнесу. Компанії змушені скоротити кількість фізично присутніх на підприємстві працівників до мінімуму. Але як за таких умов підтримувати виробництво на прийнятному рівні? Якби спеціалісти з контролю за виробничими лініями, наладники обладнання та інженери зі зварювання могли працювати віддалено, це би певною мірою вирішило проблему. Що ж, як показує досвід, дистанційна робота на виробництві цілком можлива за наявності технічних можливостей. Скажімо, в автоматизованому серійному виробництві спеціалізоване програмне забезпечення уможливорює перегляд і аналіз показників, що їх передають зварювальні апарати. Підключившись до інфраструктури підприємства через мережу, спеціаліст може спокійно контролювати виробничі процеси з дому, удаючись за необхідності до їх коригування та налагодження.

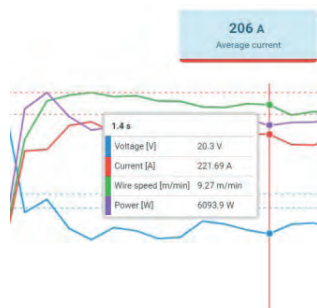
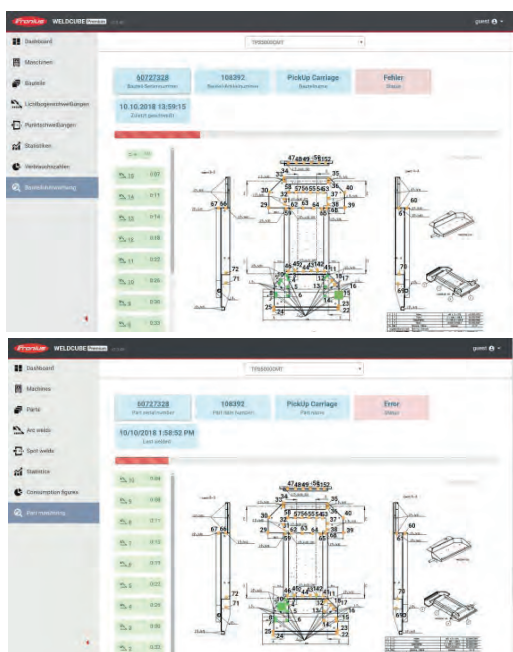
Програмне рішення для ефективного виконання робочих обов'язків без фізичної присутності.

WeldCube Premium отримує дані зварювальних процесів від підключених пристроїв Fronius і зберігає їх у централізованій базі даних. Ця програма забезпечує накопичення статистики, реєстрування даних із прив'язкою до конкретних компонентів, а також аналіз зварювального процесу та інтелектуальне керування операціями. На дисплеї можна бачити в режимі реального часу, чи виконано конкретний зварювальний шов, чи не було перевищено граничних значень. За допомогою VPN-з'єднання програму WeldCube Premium можна в будь-який момент запустити у веб-браузері з будь-якого комп'ютера, щоб проконтролювати зварювальні процеси на підключених до мережі лініях.

Це означає, що спеціалісти з контролю за виробничими процесами, налагодження обладнання та координування процесів зварювання можуть бодай частково працювати з дому або з ізольованого офісу без фізичної присутності на виробництві. При цьому вони надаватимуть усю необхідну підтримку колегам у цехах. Виявивши неякісно виконаний шов, робітники передають інформацію черговому інженеру зі зварювання. Що особливо важливо, спеціаліст може отримати доступ до зварювальної системи через веб-браузер і за потреби відрегулювати параметри завдання, не виходячи з дому.

WeldCube Premium: централізоване зберігання даних із сортуванням за компонентами.

Ще однією перевагою програми є можливість стежити за рівнем зношування і поточним станом обладнання, перевіряти ступінь готовності компонентів і своєчасно дізнаватися про виникнення неполадок. Усі дані автоматично заносяться в централізовану базу даних, де зазначається компонент, якого вони стосуються. Відтак щодо кожного компонента можна в будь-який момент сформувати діаграму або звіт у форматі PDF. Програмні рішення на зразок WeldCube Premium дають спеціалістам змогу ефективно виконувати свої обов'язки, отримуючи доступ до виробничих процесів із дому, з офісу, з транспорту чи готелю під час відрадження.



Новий роботизований зварювальний комплекс Fronius

На сучасних комерційних та промислових підприємствах дедалі більшого поширення набуває зварювання із використанням роботів. Роботизація зварювання не лише допомагає скоротити до мінімуму час простою – дуже широкий діапазон рухів, доступний для маніпуляторів робота, дає змогу зварювати компоненти найрізноманітнішої форми. Новий роботизований зварювальний комплекс FRW від Fronius створений саме для таких завдань. Ця система, в якій втілено інноваційні зварювальні технології Fronius, характеризується оптимальним співвідношенням ціна/ефективність.

Комплекс можна успішно використовувати й у дрібних, й у великих компаніях для потреб широкомасштабного серійного виробництва та для зварювання різноманітних за формою компонентів, залежно від потреб комерційних підприємств. Роботизований зварювальний комплекс, призначений для зварювання широкого спектру деталей, підвищує продуктивність робочих процесів та забез-



Новий роботизований зварювальний комплекс FRW

печує окупність обладнання протягом прийняттого терміну. Ми пропонуємо на вибір три типи зварювальних комплексів, що відрізняються за конструкцією обертових маніпуляторів, які підхоплюють деталі та вносять їх у робочу зону зварювальної установки. Кожен із варіантів може бути поєднано з різними моделями роботів. Роботи, маніпулятори та елементи керування встановлюються на єдину платформу, що дозволяє прискорити та спростити складання й монтаж зварювального комплексу. Ще одна перевага роботизованого зварювального комплексу FRW полягає у скороченні тривалості циклів зварювання. Цього вдається досягти за рахунок використання двосекційного режиму роботи: маніпулятор не простоює у той час, коли відбувається зварювання деталі, й може вже підхоплювати наступну.

Додаткове програмне забезпечення для моделювання та програмування в автономному режимі надає змогу не лише програмувати рухи робота, а й оптимізувати процес зварювання зі свого ПК. Для цього не потрібно переривати власне процес зварювання, а отже, можна уникнути зайвих простоїв. Серед інших переваг комплексу – прискорені запуск і заміна компонентів та підвищення продуктивності. Роботизоване зварювання дає змогу з'єднати за одиницю часу помітно більше деталей порівняно зі зварюванням у ручному режимі й не поступається йому за рівнем якості, незалежно від складності форми зварюваних деталей. У Європі наразі запускають нові системи роботизованого зварювання, а згодом ця тенденція пошириться й на регіони поза її межами. Новий роботизований зварювальний комплекс Fronius дозволяє скоротити тривалість операцій: у двосекційному режимі роботи маніпулятор підхоплює наступну деталь іще до того, як завершиться зварювання попередньої.

Fronius International — австрійська компанія з головним офісом в місті Петтенбах і відділеннями в містах Вельс, Тальхайм, Штайнхаус і Замтледт. Компанія, штат якої налічує 4760 співробітників по всьому світу, працює в галузях зварювального обладнання, фотовольтаїки та систем для заряджання акумуляторних батарей. Близько 92 % продукції компанії постачається на експорт за допомогою 30 міжнародних дочірніх компаній Fronius, а також мережі торгових партнерів і представників у більш ніж 60 країнах. Компанія Fronius пропонує інноваційні продукти та послуги, а також володіє 1253 чинними патентами, що робить її світовим лідером інновацій.

М.И. ЗИНИГРАДУ – 75!



Советскому ученому-металлургу, профессору, ныне ректору Ариэльского университета в Израиле, члену редакционной коллегии журнала «Автоматическая сварка» исполнилось 75 лет. Искренне поздравляем Михаила Иосифовича с юбилеем, желаем крепкого здоровья, новых творческих достижений на ниве образования и науки. Представляем интервью М.И. Зиниграда киевскому журналисту М. Гольду, которое, по нашему мнению, будет интересно для читателей журнала.

Объявление, что профессор, приехавший два месяца назад из России, сделает доклад на иврите, в далеком 1992 г. в Израиле собрало полный зал. Так доктор наук Михаил Иосифович Зиниград стал знаменитым и получил место преподавателя в маленьком колледже в Самарии за так называемой «Зеленой чертой». Из преподавателя вскоре вырос ректор, из колледжа – современный Ариэльский университет, где учатся более 14 тысяч студентов. В интервью Михаил Зиниград рассказал, как в его университете разрабатывают препараты против рака, кто бойкотирует их научную деятельность и чем обернутся для Израиля нефтедобыча и последние места на школьных олимпиадах.

Михаил, в Союзе вы, доктор наук, считались одним из крупнейших специалистов в сфере металлургии, будучи автором 200 научных работ. И вдруг – под 50 лет – решаете репатрироваться. Рассчитывали на продолжение научной карьеры или были готовы мести улицы?

Не буду лукавить – уехал я не из сионистских побуждений. Был прекрасно устроен в Союзе, рано – в 36 лет – стал профессором Уральского политехнического института, заведующим кафедрой, не будучи при этом членом КПСС. Разумеется, не обходилось без антисемитизма. Хорошо помню, как из 100 заведующих кафедрами от 18 до 22 человек всегда голосовали против присвоения своим еврейским коллегам ученых званий: еврейская фамилия действовала на них, как тряпка на быка, что возмущало даже ректора, чисто русского человека.

Об эмиграции мы не думали, но в 1991-м старший сын стал возвращаться к иудаизму и очень быстро уехал в Израиль. Я не спешил принимать решение, и если бы не жена – она, кандидат наук, действительно была готова мыть посуду и подметать улицы в новой стране, – не знаю, сдвинулись бы с места.

Разумеется, я не рассчитывал на университетскую кафедру в Израиле – о каком преподавании может идти речь при нулевом иврите? Были, правда, другие иллюзии: в Союзе тогда вошли в моду технологические кооперативы, и я полагал, что быстро найду практическое применение своим разработкам и в Израиле.

А оказалось ровно наоборот...

Как это ни парадоксально. Мы приземлились в Бен-Гурионе 25 июля 1992 г., и вскоре выяснилось, что мои бизнес-затеи здесь абсолютно неуместны. Годы спустя я понял, что бизнес – это отдельная специальность.

Зато сын сообщил, что в начале октября в Израиле пройдет конференция как раз по моей специальности. Что ж, я недавно вернулся из Японии, где выступал с докладом по-английски, почему бы не представить его в Израиле? «Нет, – перебил сын, – ты не понял, придется выступить на иврите». В общем, я рассмеялся, но сын все-таки перевел доклад и... жена вспоминает, что до этого не могла представить, как можно два месяца заниматься с таким перенапряжением сил. Я, разумеется, не учил доклад наизусть, как попугай, а пытался понять смысл на новом для себя языке, а потом обкатывал будущее выступление на соседе-израильянине – мы с ним дружим до сих пор.

Разумеется, объявление о том, что профессор, приехавший два месяца назад из России, сделает доклад на иврите, собрало полный зал. Шок я пережил после выступления, когда с изумлением обнаружил, что понял суть обращенных ко мне вопросов! И начал отвечать на иврите – с ошибками, через пень-колоду, но отвечать. Эффект был ошеломляющим: обо мне узнали все! Лет десять спустя на конференции в Цинциннати я столкнулся с израильянкой, которая долго на меня смотрела, а потом спросила: «Это ведь ты делал доклад на иврите в 1992-м?».

В скобках замечу, что жена, собиравшаяся мыть полы, через десять дней после приезда стала работать на кафедре электрохимии Бар-Иланского университета: тема, которой она занималась в Союзе, полностью совпадала с направлением, которое открывали на этой кафедре.

Мне же, спустя два месяца после доклада, сообщили, что крохотный колледж в Ариэле ищет преподавателя физической химии (это моя специальность) – курс начинается в следующем учебном году. Но я получасовую лекцию готовил два месяца, не поднимая головы, а тут целый курс! В общем, и на эту авантюру я пошел. Через семестр-другой пришло понимание, что язык, на котором я начинал преподавать, был еще не вполне ивритом, а года через три я обнаружил, что перестал переводить фразы с русского на иврит и уже могу позволить себе рассказать анекдот, как когда-то на русском. Сегодня во все это мне самому с трудом верится, как и в то, что заштатный колледж Иудеи и Самарии, который насчитывал 130 учащихся, превратился в современный университет, где учатся более 14 тыс. студентов.

Да, но за право стать полноценным университетом колледж в Ариэле боролся много лет, причем главным оппонентом выступал Совет по высшему образованию Израиля. Что это – идеологическая непримиримость, академическая ревность или нежелание делить бюджетный пирог с новым – читай лишним едоком?

Главным образом, речь идет об элементарном нежелании делиться. Многие коллеги откровенно заявляли, мол, где бы ни был открыт новый университет в Израиле – он лишний. Но это старая песня. Когда на Ближнем Востоке существовал один-единственный университет в Бейруте и планировалось открытие Еврейского университета в Иерусалиме (в 1925 г. – Прим. ред.), противники этого шага уверяли, что в нашем регионе нет места для еще одного университета. Спустя 30 лет уже руководство Еврейского университета повторяло эту формулу в отношении нового университета в Тель-Авиве, а тот позднее выступал против открытия университета в Беэр-Шеве и т.д.

В случае с Ариэлем дело дошло до того, что все израильские университеты, кроме Бар-Илана, подали иск в Высший суд справедливости (БАГАЦ) с требованием проверить законность нашего статуса. Суд признал, что университет в Ариэле создан на законных основаниях, после чего я не отказал себе в удовольствии на встрече с ректорами спросить: «Коллеги, у какого еще вуза есть разрешение Высшего суда на свое существование? Только у нашего. Возможно, и ваши учебные заведения стоит

проверить подобным образом?» И что вы думаете? Буквально недавно на одном из очередных заседаний Совета по высшему образованию глава совета ректоров Израиля, президент Техниона профессор Перец, заявил, что бойкот университета в Ариэле и обращение в БАГАЦ было ошибкой.

Признание дорогого стоит. Но поскольку университет Ариэля – единственный, расположенный на территориях, которые ООН считает оккупированными, неоднократно – как зарубежными, так и израильскими академическими кругами – предпринимались попытки бойкота вашего вуза. Насколько болезненными они оказались?

Бойкот явно не достиг своих целей. Мы проводим международные конференции, где принимаем ученых со всего мира. На последнюю такую конференцию съехались порядка 100 участников из 27 стран. Разумеется, некоторые к нам не приезжают, в том числе израильтяне, не пересекающие Зеленую черту.

Иногда это бьет и по организаторам бойкота. В 2009 г. наши студенты приняли участие в конкурсе «Зеленый дом» под эгидой министерства жилищного строительства Испании и даже вышли в финал, но их проект исключили из конкурса под предлогом того, что колледж находится на оккупированных территориях. Мы подали иск в испанский суд, тяжба длилась пять лет и буквально в прошлом месяце завершилась нашей победой: правительство Испании обязали выплатить нашему теперь уже вузу компенсацию в размере 430 тыс. шекелей.

Бойкот в науке – последнее дело. В нашем университете успешно разрабатываются препараты по борьбе с раковыми заболеваниями, лекарства от диабета, и хотел бы я посмотреть, откажутся ли инициаторы бойкота от этих препаратов из-за того, что они разработаны за Зеленой чертой.

При всем этом, повторюсь, противодействие созданию университета в Израиле было продиктовано не политическими, а конъюнктурными соображениями. Людей, которые убеждены, что Израиль должен уйти с территорий, можно даже уважать – они искренне полагают, что эта политика приведет к миру на Ближнем Востоке. Но когда на этом спекулируют из своих личных интересов – это отвратительно.

Университет, который вы возглавляете, самый молодой в Израиле, ему нет и четырех лет. Появились ли в Ариэле свои «фишки», которых не найти в других израильских вузах?

Таких «фишек» много. Группа одержимых, решивших превратить колледж в полноценный

университет, понимала, что это удастся, только если не копировать конкурентов. Поэтому, когда у коллег преподавали классическую биологию, мы предложили студентам специальность «молекулярная биология», открыли новую специальность – «мехатроника», развиваем очень перспективные направления: робототехнику, кибертехнологии, биомедицину, «зеленую» химию и фармахимию. Студенты не находят эти специальности в других университетах, поэтому идут к нам.

Понятно, что у нас нет многолетних традиций и огромных коллективов, как в Еврейском университете в Иерусалиме, хайфском Технионе или институте Вейцмана, зато мы опережаем их в гибкости: я могу активно приглашать научных работников и преподавателей – это преимущество нового университета. Старые вузы не могут позволить себе регулярно открывать новые специальности, а мы делаем это постоянно. В начале моей ректорской карьеры всего две кафедры в Ариэле имели право присуждать степень магистра, сегодня таких кафедр 16. Мы только начинаем попадать в международные рейтинги. Согласно одному из них мы заняли 360-е место в мире, это очень неплохо.

По отдельным дисциплинам Ариэль уже может тягаться с ведущими израильскими университетами, например, в прикладных исследованиях наши результаты часто лучше, поэтому ряд компаний предпочитает обращаться именно к нам.

Университет Ариэля по праву считается самым «русским» вузом Израиля или это явное преувеличение?

Это во многом стереотип, связанный с происхождением ректора. У нас, например, учатся 600 арабских студентов, а доля «русских» ребят не очень отличается от других университетов. Среди преподавателей на кафедре математики выходцы из бывшего СССР составляют 20–30 %, на физике и химии их уже меньше, до 15 %, а на самом большом факультете – общественных наук – «русских» вы почти не встретите, как и на факультете масс-медиа, где преподают известные журналисты.

За чей счет живет израильское высшее образование? Вы получаете дотации от государства? И сколько должен выложить студент за получение первой или второй академической степени? Зависит ли это от конкретного учебного заведения или стоимость обучения регулируется «сверху» и унифицирована в масштабах Израиля?

Мы получаем дотации, поэтому студент платит порядка 50 % от стоимости обучения, в среднем 12 тыс. шекелей в год (чуть больше \$3 тыс.), и не-

которые считают, что это много. Это фиксированная плата за обучение в восьми государственных университетах, в частных же колледжах она может доходить до 30 тысяч шекелей. Кроме того, мы получаем финансирование на научные исследования в соответствии с результатами нашей деятельности в предыдущем году – я имею в виду количество опубликованных статей, полученных грантов и т.п.

Зарплаты преподавателей тоже фиксируются государством на определенном уровне?

Безусловно, есть тарифная сетка, например, полный профессор с небольшим стажем преподавания получает примерно 20–25 тыс. шекелей в месяц (\$5–6 тыс.), но каждый год стажа добавляет ему 2,5 % к зарплате. Есть также специальные коэффициенты, позволяющие получать 13,5 % надбавки. Каждый седьмой год профессор имеет право на шаббатон (академический отпуск) – не работая в университете, но получая полную университетскую зарплату. Существует также фонд – в зависимости от звания он составляет от \$8 тыс. до \$13 тыс. в год – на поездки на конференции.

Насколько высок престиж академической карьеры в Израиле? Ведь, несмотря на все бонусы, вами перечисленные, юноша со степенью бакалавра, только что окончивший факультет компьютерных технологий Техниона, может зарабатывать до 40 тыс. шекелей в одной из хай-тек компаний.

Престиж остается во многом и потому, что зарплата в академическом мире все-таки существенно выше, чем в среднем по стране, хотя и ниже, чем у программистов, поэтому заполучить хорошего студента-компьютерщика для продолжения научной карьеры очень непросто. Впрочем, водители-дальнобойщики или сотрудники Управления портов или Электрической компании тоже зарабатывают очень хорошо, и для этого не всегда требуется высшее образование.

За те 23 года, что я преподаю в Израиле, зарплата преподавателей вузов увеличилась примерно в два раза – помню забастовку профессоров в середине 1990-х, когда был отменен целый семестр. Одни тогда взывали к совести профессоров, а другие справедливо замечали, что если не пойти на повышение зарплаты, то страна столкнется с катастрофической утечкой мозгов.

Но проблему утечки это ведь не решило?

Многие исследователи просто не находят свободные ставки в израильских университетах, другие – как это принято в Израиле – делают постдокторат за рубежом, и за последние три года мы

приняли на роботу порядка 150 таких ученых. Это наш вклад в возвращение мозгов.

Сегодня примерно 30% израильских исследователей работают за границей, но мы не знаем, сколько из них работают над постдокторатом и планируют вернуться в страну, а кого можно отнести к эмигрантам.

Чем израильская система образования принципиально отличается от постсоветской? В одном интервью вы сказали, что боитесь, что в Израиле найдут нефть, потому что тогда мозги перестанут работать с той эффективностью, с которой работают сегодня. А как же неутешительные результаты, которые демонстрируют израильские школьники на международных олимпиадах по естественным дисциплинам?

Израильская система высшего образования далека от идеала – она многое могла бы взять, особенно в методическом плане, у старой советской модели. Понятие академической свободы – само по себе очень правильное – иногда уводит от на-

сущных вопросов, которые вполне решаемы, если этой свободой чуть-чуть поступиться.

Что касается школ, то есть проблема, которая скоро заявит о себе во весь голос. В 1990-е годы многие преподаватели математики, физики и химии из бывшего СССР так или иначе сумели встроиться в систему израильского школьного образования, но прошло 20 лет, и они уходят на пенсию. В связи с этим нас, очевидно, ожидает ухудшение подготовки школьников по естественным наукам. Правда, министерство образования интенсивно готовит математиков, которые в состоянии преподавать в старших классах на высоком уровне – курсы по подготовке таких учителей создаются и при нашем университете. Пока же мы следим за не очень удачными выступлениями израильских школьников на международных олимпиадах, в то время как в числе победителей часто оказываются евреи из стран диаспоры. Я лично готов поучаствовать в создании памятника министру образования, который сумеет переломить эту тенденцию.

ХІХ МІЖНАРОДНИЙ ПРОМИСЛОВИЙ ФОРУМ – 2020

МІЖНАРОДНІ СПЕЦІАЛІЗОВАНІ ВИСТАВКИ

24 - 27
листопада

 МЕТАЛО-БРОБКА
  УКРИВАННЯ
  ГІДРАВЛІКА ПНЕВМАТИКА
  ПЛДЦИПЛИНИ
  УКРПРОТ ТЕХ
  УКРАЇНО
  УКРПРОМ АВТОМАТИЗАЦІЯ
  ЗРАЗКИ, СТАНДАРТИ ЕТАЛОНИ, ПРИПАДИ
  ЛОГІСТИКО-ТРАНСПОРТНЕ СКЛАДСЬКЕ ОБЛАДНАННЯ
  БЕЗПЕКА ВИРОБНИЦТВА



ОРГАНІЗАТОР:
Міжнародний виставковий центр

Генеральний інформаційний партнер: **ОБОРУДОВАННЯ ІНСТРУМЕНТ**

Ексклюзивний медіа партнер: **ЖУРНАЛ ГОЛОВНОГО ІНЖЕНЕРА**

Технічний партнер: **RentMedia**



Міжнародний виставковий центр
Україна, 02002, Київ
Броварський пр-т, 15
М "Лівобережна"

☎ (044) 201-11-65, 201-11-56, 201-11-58
e-mail: alexk@iec-expo.com.ua
www.iec-expo.com.ua, www.mvc.ukr
www.tech-expo.com.ua