

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

07
2020

Автоматическая сварка

Видається 12 разів на рік з 1948 р.

Automatic Welding

Published 12 times per year since 1948

ЗМІСТ

НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

Кучук-Яценко С.І., Антипін Є.В., Дідковський О.В., Швець В.І., Кавуніченко О.В. Оцінка якості зварних з'єднань високоміцних залізничних рейок сучасного виробництва з урахуванням вимог українського та європейського стандартів	3
Бабич О.А., Коржик В.М., Гринюк А.А., Хаскін В.Ю., Chunlin Dong, Shanguo Han. Гібридне зварювання алюмінієвих сплавів 1561 та 5083 з використанням плазмової дуги і дуги плавкого електрода (Plasma-MIG)	13
Лабур Т.М., Яворська М.Р., Коваль В.А. Вплив термічної обробки на структуру і механічні властивості тонколистового алюмінієвого сплаву В1341 та його зварних з'єднань, виконаних TIG зварюванням	25
Борисов Ю.С., Борисова А.Л., Вігілянська Н.В., Грищенко О.П., Коломицев М.В. Покриття на основі інтерметалідів Fe–Al, які отримані методами плазмового і надзвукового повітряно-газового плазмового напылення	32

ВИРОБНИЧИЙ РОЗДІЛ

Осташ О.П., Кулик В.В., Шипицин С.Я., Гайворонський О.А., Чепіль Р.В. Вплив вмісту легуючих елементів і термічної обробки на ресурсні характеристики високоміцних колісних сталей при виготовленні залізничних коліс та їх ремонтному наплавленні	41
---	----

ХРОНІКА

120 років П.І. Севбо – видатному конструктору зварювального обладнання	48
Сімейний бізнес і традиції: компанія Fronius відзначає 75 років своєї діяльності	50

ІНФОРМАЦІЯ

По закордонним журналам (Welding in the World № 5,6, 2020)	52
С.В. Максимова – Заслужений діяч науки і техніки України	59
Зварювальний робот CLOOS скорочує терміни виробництва турбін Siemens	60
Усі види робіт на одній виробничій базі	62

CONTENTS

SCIENTIFIC AND TECHNICAL

Kuchuk-Yatsenko S.I., Antipin E.V., Didkovsky O.V., Shvets V.I., Kavunichenko O.V. Evaluation of quality of welded joints of high-strength railway rails of modern production taking into account the requirements of ukrainian and european standards	3
Babych O.A., Korzhyk V.M., Grynyuk A.A., Khaskin V.Yu., Chunlin Dong, Shanguo Han. Hybrid welding of aluminum 1561 and 5083 alloys using plasma arc and consumable electrode arc (Plasma-MIG)	13
Labur T.M., Javorska M.R., Koval V.A. Effect of heat treatment on the structure and mechanical properties of sheet aluminium alloy V1341 and its welded joints produced by TIG welding	25
Borisov Yu.S., Borisova A.L., Vigilianska N.V., Gryshchenko O.P., Kolomytsev M.V. Coatings based on Fe–Al intermetallics produced by the methods of plasma and supersonic air-gas plasma spraying	32

INDUSTRIAL

Ostash O.P., Kulyk V.V., Shipitsin S.Ya., Gaiworonsky O.A., Chepil R.V. Influence of content of alloying elements and heat treatment on resource characteristics of high-strength wheel steels during manufacture of railway wheels and their repair during surfacing	41
---	----

NEWS

120 years P.I. Sevbo – an outstanding designer of welding equipment	48
Family business and traditions: Fronius celebrates 75 years of activity	50

INFORMATION

According to foreign journals (Welding in the World № 5,6, 2020)	52
S.V. Maksymova – Honored worker of science and technology of Ukraine	59
The CLOOS welding robot reduces the production time of Siemens turbines	60
All types of work on one production base	62



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



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 банделроллю.
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.

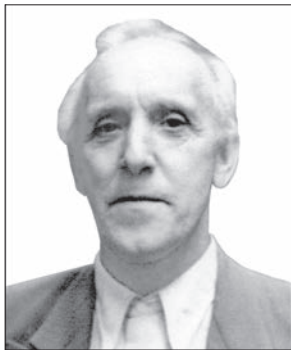
\$150, subscriptions for the electronic version
(sending issues of Journal in pdf format
or providing access to IP addresses).

«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.

120 років П.І. Севбо – видатному конструктору зварювального обладнання



Севбо Платон Іванович народився 15 червня 1900 р. в с. Носовичі, Мінської губернії.

Закінчив у 1930 р. механічний факультет Київського індустріального інституту (нині НТУУ «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»).

У 1935 р. Є.О. Патон, який знав його студентом, запросив Платона Івановича працювати в тільки що офіційно затверджений інститут: «Зварювання, безсумнівно, прогресивний технологічний процес ... Ми знаємо про природу зварювання поки мало. Мають відбутися серйозні наукові дослідження фахівцями різних наук. А простіше кажучи, потрібна нова технологія. Але! Зварювання поки ще ручне? І якщо ми не замінимо руку зварника, кого переконаєш, що це прогрес? Чи згодні?» Севбо погодився. Сам Євген Оскарович згадував: «Довго мені не вдавалося знайти відповідну людину, якій під силу б довелося керівництво конструкторським бюро. Нарешті його очолив Платон Іванович Севбо, інженер-механік з великим стажем, людина вдумлива і серйозна. На нього можна було покластися. Вручаючи Севбо кермо влади, я прямо сказав йому: «Буде важко. Роботи багато, а досвіду майже немає. Я надаю вашому бюро велике значення. Від нього буде залежати, чи зуміємо ми впровадити автозварювання в виробництво».

Севбо набирає в бюро молодих фахівців, вони створюють методику проектування зварювальних апаратів і розробляють перші апарати, що стали основою для створення серії зварювальних автоматів і тракторів.

У вересні 1941 р., при наближенні німецько-фашистських армій до Києва ІЕЗ був евакуйований на Урал, в Нижній Тагіл і розміщений на території «Уралвагонзавода». Була швидко створена науково-виробнича база ІЕЗ. Розгорнулися дослідні та конструкторські роботи по створенню техніки автоматичного зварювання вагонів, авіабомб великого калібру. Війна зажадала від вчених, конструкторів, інженерів, робітників вирішувати складні проблеми в найкоротший термін.

Незабаром на територію «Уралвагонзавода» прибули близько 600 вагонів з обладнанням і фахівцями Харківського заводу № 183 ім. Комінтерну. В конструкторському бюро останнього був створений кращий середній танк Другої світової війни Т-34, а в цехах було налагоджено виробництво тан-

ків. Однак бронекорпуса зварювали вручну – броньові плити товщиною кілька десятків міліметрів в СРСР, США, Німеччині та інших країнах з'єднували швами ручного дугового зварювання. На заводі в Нижньому Тагілі, що отримав найменування «Уральський танковий завод ім. Комінтерну» (УТЗ – завод № 183), як і в Харкові бронекорпуса продовжували зварювати вручну.

Є.О. Патон розгорнув дослідження з метою розробки технології зварювання високоміцних загартованих сталей і апаратів для автоматичного зварювання вузлів танків.

Борис Євгенович Патон згадує: «Основні труднощі, які гальмували роботу по створенню технології зварювання броньових сталей і чітко проявилися під час проведення дослідів в Нижньому Тагілі, полягали в освітленні появи тріщин в металах шва і зони термічного впливу тріщин. В результаті наполегливої праці бригада технологів, керована В.І. Дятловим, перемогла тріщини. Паралельно з розробкою технологічних питань під керівництвом П.І. Севбо, за активної участі головного механіка корпусного відділу Ф.П. Руденко і головного енергетика цього ж відділу Рубчинського, були запроектовані, виготовлені і змонтовані дві установки для зварювання борту корпусу танка Т-34 з підкрилки. Можна було починати роботу». Продуктивність автоматичного зварювання виявилася в 10 разів вище ручної. Конструкторська група ІЕЗ підготувала 20 проектів спеціалізованих установок для автоматичного зварювання різних типів з'єднань і вузлів на танках і 8 – для зварювання авіабомб і боєприпасів. У 1943 р. Севбо захистив у Свердловську кандидатську дисертацію.

Зварювальні головки були настільки прості, що вдалося налагодити випуск апаратури силами майстерень інституту в достатній для оборонної промисловості кількості. Ця обставина, а також простота апаратів в експлуатації забезпечили



Нарада у директора Інституту електрозварювання, жовтень, 1947 р. (зліва направо: Б.І. Медовар, І.І. Фрумин, Є.О. Патон, П.І. Севбо, Б.Є. Патон)

можливість широкого впровадження автоматичного зварювання під флюсом не тільки в роки Великої Вітчизняної війни, а й в повоєнний час.

На УТЗ за пропозицією Є.О. Патона почав працювати перший конвеєр з виготовлення бронекорпусів зі спеціальними зварювальними установками, основою яких були автомати П.І. Севбо. Пуск потокової лінії дозволив вивільнити 280 кваліфікованих робітників. У 1943 р. ІЕЗ встановив на заводах Наркомату танкової промисловості близько 50 апаратів для автоматичного зварювання.

Ще у 1943 р. керівництво СРСР прийняло постанову «Про негайні заходи по відновленню господарства в районах, звільнених від німецької окупації». У травні 1944 р. ІЕЗ повернувся до Києва. Співробітники інституту посилили технічну допомогу підприємствам України. У тому ж році в майстернях ІЕЗ було організовано випуск зварювальних головок та допоміжної апаратури до установок.

У повоєнні роки П.І. Севбо активно працював над розвитком і вдосконаленням зварювального обладнання для багатьох галузей промисловості. Здійснив низку проектів, пов'язаних з комплексною автоматизацією зварювального виробництва.

Повною мірою метод комплексних розв'язків виявився при розробці принципово нових складально-зварювальних верстатів-автоматів по виготовленню шахтних вагонеток, шахтарських ламп, стояків шахтних кріплень та ін. Автоматизовані поточкові виробництва труб великого діаметра із двох- та трьохдуговим швидкісним зварюванням були пущені на декількох заводах країни. У 1949 р. на Торецькому заводі була пущена потокова лінія з універсальним вальцезварювальним верстатом для виготовлення шахтних і рудничних вагонеток, стояків тощо. У 1946–1948 рр. на Маріупольському заводі ім. Ілліча була побудована високо механізована лінія для виготовлення залізничних цистерн. Автоматичне зварювання під флюсом широко застосовували при будівництві доменних комплексів, цистерн й котлів, вагонів й газгольдерів, метало конструкцій, морських й річкових суден, шахтного устаткування й сільськогосподарських машин автоматичного зварювання, перш за все на заводах Придніпров'я й Донбасу. У 1954 р. на Луганському паровозобудівному заводі працювало вже сім спеціалізованих установок з десятима зварювальними головками, вісім зварювальних тракторів і шість напівавтоматів; у Крюківському вагонобудівному заводі – установки для зварювання поперечних і хребтових балок рам візків. До кінця 1950 р. були відновлені та споруджені 23 доменні печі, 51 мартенівська піч, прокатні стани потужністю 4,4 млн т прокату. Обсяг механізованого зварювання склав 70 %. Взагалі застосування автоматичного зварювання під флюсом дало можливість у 3,5 рази підвищити продуктивність праці.

Багато уваги приділяв П.І. Севбо підготовці кадрів. Він особисто відбирав молодь для роботи в ДКБ, створеному у 1959 р. на базі проектного відділу ІЕЗ ім. Є.О. Патона. Для молодих колег він був носієм глибоких професійних знань, освіченою і висококультурною людиною і вимогливим керівником.

З 1960-х років зварювання стає провідною технологією в авіаракетобудуванні, атомній енергетиці, електроніці та ін. Спеціально для виготовлення конструкцій ракет з міцних алюмінієвих сплавів, бойових літаків і підводних човнів з титанових сплавів, реакторів і турбореактивних двигунів з високоміцних сталей розроблялися обладнання і технології зварювання.

Одним з найважливіших шляхів розвитку зварювання стало управління процесом плавлення електродного металу, задаючи джерелу струму певну програму зміни електричних параметрів режиму. Досить швидко створювалася й удосконалювалася технічна база: ЕОМ, комп'ютери, тиристорні схеми та ін. Можливості цієї техніки при виконанні вручну обмежуються фізіологічними можливостями людини. Комп'ютерне управління вимагало вдосконалення зварювального устаткування. Навчені П.І. Севбо успішно справляються з цим завданням. До його порад продовжували звертатися навіть тоді, коли йому було за 90 років. І зараз наукові концепції конструювання зварювального обладнання залишаються актуальними.

Результати робіт знайшли відображення у шести книгах, статтях та винаходах, 21 з яких запатентовано в США, Англії, Німеччині, Франції, Японії, Бельгії, Швеції, Швейцарії, Канаді, Італії.

Усе своє життя П.І. Севбо словом, ділом та особистим прикладом стверджував і відстоював увагу до професії конструктора. Ставлячи високі вимоги до технічної ерудиції і кваліфікації колег, він одночасно не раз висловлював думку про те, що справжнім конструктором не може стати людина, яка не цікавиться літературою, музикою, живописом, спортом.

Друковані роботи П.І. Севбо є неоціненними посібниками для проектувальників, виробничників, студентів.

В останні роки багато сил та енергії віддавав пропагуванню історії зварювання, брав участь у складанні словника «Термінологія по зварюванню та спорідненим технологіям» і «Російсько-українського словника по зварюванню». Протягом десяти років він був найактивнішим членом редколегії журналу «Автоматическая сварка».

Помер Платон Іванович 17 жовтня 2001 р.

Праця П.І. Севбо відзначена Сталінською премією (1945), орденами Трудового Червоного Прапора, «Знак Пошани» та «За заслуги» III ступеня, медалями.

О.М. Корнієнко



Сімейний бізнес і традиції: компанія Fronius відзначає 75 років своєї діяльності

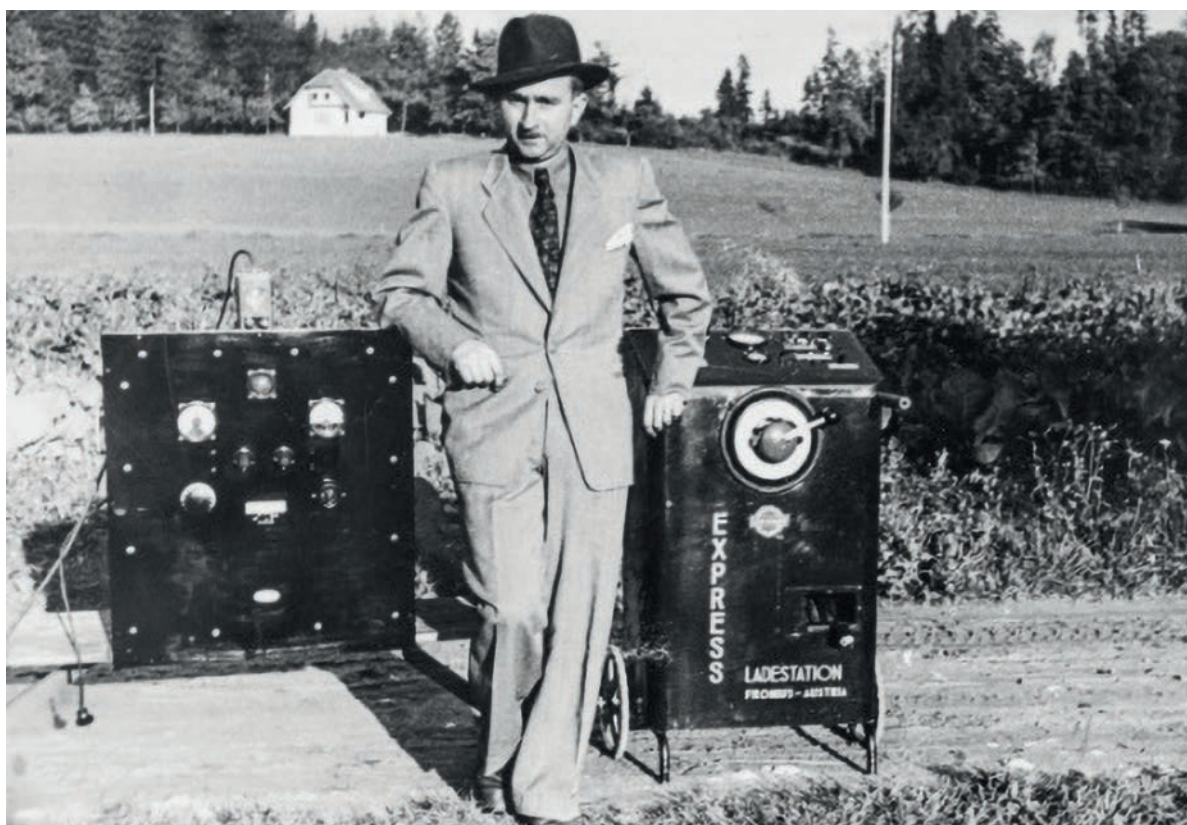
Створене у 1945 р. індивідуальне підприємство, основою якого стала нехитра ідея, нині є частиною промислової інфраструктури. Йдеться про австрійську сімейну компанію Fronius, яка за останні три чверті століття пройшла етапи розвитку від регіональної ремонтної майстерні до ключової фігури в галузі зварювального обладнання, фотовольтаїки, а також технологій заряджання акумуляторів. Історія компанії почалася рівно 75 років тому – 20 червня.

У 1945 р. Гюнтер Фроніус відкрив майстерню з ремонту радіо- та електроприладів. Так розпочалась історія успіху, яка дійшла до наших днів під керівництвом уже третього покоління родини засновника. Підприємство було започатковане в торговому місті Петтенбах (Верхня Австрія), де й донині розташований головний офіс компанії. Тут Гюнтер Фроніус жив і працював, після

Fronius – сімейне підприємство, розташоване на території Верхньої Австрії, яке протягом 75 років веде свою діяльність відповідно до найвищих стандартів якості

того як отримав у своє розпорядження старі казари в обмін на виконання ремонтних робіт. У ті часи заряджання автомобільних акумуляторів становило складний процес, над спрощенням якого й працював Гюнтер. Як кваліфікований інженер-електрик, він розробив рішення, яке дає змогу збільшити тривалість використання батарей. «В основу сучасної концепції нашої діяльності покладено перспективну ідею мого діда», – розповідає Елізабет Енгельбрехтсміллер-Штраус (Elisabeth Engelbrechtsmüller-Strauß), генеральний директор Fronius, яка керує сімейним бізнесом з 2012 р.

Революція в галузі зварювання, глобалізація та сонячна енергія. У 1950 р. Гюнтер Фроніус розширив асортимент продукції зварювальними трансформаторами. Дотримуючись цього курсу, протягом наступних десятиліть компанія Fronius трансформувалася в солідну компанію середніх



У 1945 р. Гюнтер Фроніус заклав основу для створення компанії Fronius International GmbH, яка нині входить до новаторів у галузі зварювального обладнання, фотовольтаїки та технологій заряджання акумуляторних батарей



З архіву: один із перших зарядних пристроїв



Fronius Transarc 500: перша у світі інверторна зварювальна система



Fronius Sunrise: перший сонячний конвертор

розмірів, яку Гюнтер у 1980 р. передав своїм дітям Бригітте Штраус і Клаусу Фроніусу. Вони запустили програму з розвитку та виходу на міжнародний ринок, відкривши згодом дочірні компанії в усьому світі. У 1992 р. було прийнято рішення зосередити зусилля на виробництві сонячної енергії, оскільки за цією технологією майбутнє. Таким чином, сьогодні пріоритетними напрямками діяльності компанії є зварювальне обладнання, фотовольтаїка та технологія заряджання акумуляторних батарей.

Підрозділ Perfect Charging. Підрозділ Perfect Charging існує від моменту заснування компанії. Перші роки роботи Гюнтер Фроніус присвятив заряджанню свинцевих акумуляторних батарей. На початку 1990-х рр. після численних досліджень компанія вперше відмовилася від зарядних пристроїв на 50 Гц і перейшла на використання технології високих частот. У 2013 р. подальші дослідження спричинили ключову подію – було відкрито процес заряджання R_i з урахуванням ефективного внутрішнього опору акумуляторних батарей. З того часу продукти Fronius оснащено функцією автоматичної адаптації до властивостей акумуляторів, що робить кожний процес заряджання унікальним. Нині підрозділ Perfect Charging працює з літій-іонними акумуляторами, реалізуючи нові ідеї в галузі цифрових рішень та мережевої конфігурації пристроїв.

Підрозділ Perfect Welding. Історія підрозділу Perfect Welding бере свій початок у 1950 році, коли засновник компанії Гюнтер Фроніус відкрив можливості плавлення електрода (прутка) за допомогою технології, що застосовується в зарядних пристроях. Дослідження дали приголомшливі результати в середині 1970-х рр. – саме тоді система Fronius Transarc 500 викликала справжній фурор. Це була перша у світі зварювальна система, оснащена інвертором із транзисторним перемиканням. Після її створення компанія Fronius здобула підтримку великих компаній-партнерів за межами

Австрії. У 1998 р. систему Transarc було замінено цифровою зварювальною системою TransPuls Synergic (TPS), яка вперше передбачала можливість модернізації. У той самий час компанія досліджувала новий зварювальний процес, який у 2005 р. увійде в історію як Cold Metal Transfer (CMT). Саме завдяки йому з'явилася можливість виконувати зварювальні роботи з використанням надзвичайно тонких елементів з алюмінію та сталі. Нині компанія Fronius задає нові стандарти в галузі завдяки TPS/i (Trans Process Solution / Intelligent Revolution). Ця система для високошвидкісного зварювання є внеском компанії в «Індустрію 4.0» і показує найкращі результати в поєднанні із системою керування даними, яку надає програмне рішення WeldCube Premium.

Підрозділ Solar Energy. Підрозділ Solar Energy є частиною компанії Fronius із 1992 р. Інвертор Fronius Sunrise випущений на ринок у 1995 р. й отримав міжнародне визнання за дуже короткий період часу. Справжня революція сталася в 2001 р. після запуску Fronius IG. Це був перший інвертор, оснащений високочастотним трансформатором, який давав змогу спеціалістам замінювати плату безпосередньо на місці експлуатації. За останні роки компанія розширила свою діяльність, ставши не лише виробником інверторів, а й постачальником рішень для забезпечення ефективних та інтелектуальних процесів створення, зберігання, розподілу та споживання енергії. Асортимент продукції доповнили не тільки індивідуальні рішення для зберігання, а й фотовольтаїчні системи для нагрівання води та електромобільності з використанням сонячної енергії, для виробництва та зберігання водню, а також для інфраструктури заправки H_2 . Наступним кроком стала поява в лінійці продуктів Fronius трифазних гібридних інверторів Symo GEN24 Plus, які становлять собою універсальні рішення для повного самозабезпечення сонячною енергією.

Реферати статей з журналу

«Welding in the World», №5, 2020 р.*

Вплив поверхневих шарів на опору контактного приєднання частково затверділої сталі 22MnB5 з алюмінієво-кремнієвим та цинковим покриттям. *O. Sherepenko, V. Schreiber, I. Schischin, M. Wohnner, P. Wernlein, N. Mitzschke & S. Jüttner*, pp. 755–771

Одним із методів досягнення локальної зміни властивостей матеріалу при виробництві деталей високої міцності з урахуванням механічних властивостей є зміна температури в печі до гарячого тиснення. Це спричиняє зміни в розвитку поверхневих шарів сталі з покриттям і, отже, різниці в контактних опорах, які визначають розвиток тепла в процесі зварювального опору. Для більш глибокого розуміння впливу поверхневі шари на процес зварювання досліджували деталі з температурними історіями, типові для промислово виготовлених деталей з гарячим штампуванням і алюмінієво-кремнієвим та цинковим покриттям. Визначено статичний контактний опір; проведено вимірювання динамічних опорів у зварювальному процесі. Діапазони струмів зварювання визначалися для різних термічно оброблених заготовок. Не виявлено кореляції між статичним контактним опором та діапазоном зварювального струму; однак для покриття з Zn діапазон зварювального струму переміщувався до менших зварювальних струмів і скорочувався для вимірюваного загального статичного контактного опору близько 4000 мкОм. Для алюмінієво-кремнієвого покриття не було видно залежності між діапазоном зварювального струму та опором статичного контакту. Для сталі з покриттям Al–Si був розроблений новий критерій, заснований на частці резистивних фаз у поверхневому шарі, визначеній металографічними дослідженнями, що дозволяє визначити придатність матеріалу.

Вплив параметрів процесу зварювання тертям з перемішуванням на мікроструктуру, теплові поля та утворення дефектів у стикових з'єднаннях сплаву AA7075-T6. *D. Ambrosio, V. Wagner, C. Garnier, D. Jacquin, A. Tongne, M. Fazzini, O. Cahuc & G. Dessein*, pp. 773–784

У цьому дослідженні зосереджено увагу на впливі параметрів процесу на дефектність, теплове поле та розмір зерен при зварюванні тертям з перемішуванням алюмінієвого сплаву 7075-T6. Зварні зразки були отримані при різних швидкостях обертання інструмента та швидкостях зварювання. У першій частині аналізу якість швів

оцінювали за допомогою мікроскопічного спостереження поперечних перерізів з'єднань для дослідження зміни форми перемішаних зон та виникнення внутрішніх порожнеч. Після цього вимірювали температуру та розмір зерна швів, отриманих зі швидкістю зварювання 60 мм/хв., для вивчення впливу швидкості обертання інструмента на тепловиділення. Вимірювання температури проводилось за допомогою термопар та інфрачервоної камери. Еволюція розміру зерна матеріалу була проаналізована за допомогою оптичних спостережень поперечних перерізів з'єднань, а середній розмір зерна в зоні ядра (NZ) був оцінений за допомогою дифракції зворотного розсіювання електронів. В цілому результати досліджень свідчать, що початкові внутрішні дефекти виникають в зоні набігання між робочою поверхнею бурта і ядром шва. У швах, отриманих при швидкостях обертання інструмента від 800 до 1400 об/хв., максимальна температура підвищилася на 5...15 % залежно від зони вимірювання, в той час як розмір зерна в зоні перемішування збільшився від 2,0 до 3,6 мкм. В цілому показано, що умови для виникнення дефектів обумовлені низьким тепловкладенням, яке й спричиняє в процесі зварювання неправильний потік матеріалу.

Вплив глибини занурення та часу перебування на мікроструктуру та механічні властивості алюмінієвого сплаву 6061, звареного методом контактного зварювання тертям. *O. Zareie, S.M. Mousavizade, H.R. Ezatpour, H. Zareie & N. Farmanbar*, pp. 785–805

Штифтовий інструмент, застосовуваний при звичайному зварюванні при фрикційному контактному зварюванні, створює замкову щілину, яка знижує якість поверхні зварних швів і негативно впливає на корозійну стійкість та механічні властивості. У цій роботі для зварювання тонких аркушів AA6061 товщиною 1 мм застосовується простий метод зварювання при фрикційному терті, що дозволяє запобігти утворенню замкових щілин. Швидкість обертання інструменту є постійною, а час перебування встановлюється як 4, 6 та 8 с з різною глибиною занурення 0,1, 0,14 та 0,18 мм. Макроструктура, мікроструктура та механічні дослідження використовуються для вказівки оптимальних умов обробки. На механічні властивості впливають середній розмір зерна СЗ та геометричні параметри, такі як глибина СЗ, довжина та площа стику, товщина стику та ефективна товщина верхнього листа зварних зразків. Результати вказу-

* «Welding in the World», Vol. 64, Issue 5

ють на максимальне пікове навантаження при 8 с – 0,18 мм (4495 Н) та максимальну енергію відмови при 4 с – 0,1 мм (5,5 Дж) та 8 с – 0,18 мм (5,6 Дж).

Вплив зварювальних напружень на схильність до розтріскування при термообробці стійкої до повзучості сталі 13CrMoV. Частина II: механізми розтріскування при знятті напружень при термообробці після зварювання. *A. Kromm, T. Lausch, D. Schroepfer, M. Rhode & T. Kannengiesser*, pp. 819–829

Зварювання ванадієвої сталі 13CrMoV9-10 вимагає обережності через підвищену сприйнятливості до розтріскування при знятті напружень під час післязварювальної термообробки. Попередні дослідження утворення тріщин в стійких до повзучості сталях були зосереджені на термічних і металургійних факторах; однак було зібрано мало знань про тріщиноутворення під час післязварювальної термообробки з урахуванням обмежених умов. Ця робота складається з двох частин. У частині I показано, що збільшення теплового потоку при дуговому зварюванні під флюсом в умовах обмеження усадки призводить до підвищення рівня напруження в з'єднанні до термічної обробки після зварювання. Величина розтріскування при знятті напружень, що спостерігається в зоні термічного впливу після післязварювальної термообробки, залежить від підведеного тепла. У частині II цієї роботи були вивчені тріщини і пов'язана з ними мікроструктура, що виникли в умовах релаксації напружень. Застосування спеціального акустико-емісійного аналізу показало, що тріщини утворюються в діапазоні температур від 300 до 500 °C в процесі післязварювальної термообробки. Ударна в'язкість в зоні термічного впливу оброблених швів залежала від зварювального тепла, що підводилося. Мікроструктурний аналіз всіх зразків виявив прискорене старіння за рахунок осадження карбідів при післязварювальній термообробці в умовах релаксації напружень.

Вплив конструкції екрануючої газової насадки на розподіл щільності потужності в зварювальних дугах низького струму. *S. Egerland, P. Colegrove & S. Williams*, pp. 831–845

Досліджено зміну діаметра екрануючого газового сопла та її вплив на анодний розподіл потужності дуг низького струму вольфрамових інертних газів, зберігаючи або захисну швидкість потоку газу, або постійну швидкість потоку. Крім того, були вивчені ефекти стану анодної поверхні та типу поведінки потоку (ламінарного або турбулентного), спричиненого застосуванням екрануючим газовим соплом. Було встановлено, що дуги зварювального струму потужністю 50 А були дуже нестабільними для розгортання використовуваних умов, тоді як збільшення електрич-

ного струму дуги до 100 А призвело до поліпшення стійкості дуги. Як було виявлено в попередніх дослідженнях, негаусські профілі розподілу мали місце при 50 А, навіть при вдосконаленому екрануванні. Максимальні щільності потужності були виявлені зміщеними від осі дуги.

Вплив детермінованої випаровуванням моделі дуго-катодного зв'язку на формування басейну зварного шва при моделюванні процесу GMAW. *O. Mokrov, M. Simon, R. Sharma & U. Reisgen*, pp. 847–856

В даний час використовуються підходи для моделювання катодного введення тепла при моделюванні дугового зварювання (GMAW), які, як правило, базуються на дуже спрощених підходах, використовуючи або розподілений тепловий потік Рікалін-Розенталь, або підхід теплопровідності, який не відображає глибокого фізичного залучення у процес. У цій роботі представлений новий підхід до розрахунку дуго-катодного з'єднання при GMAW та досліджено вплив зміни параметрів на формування зварного басейну. Модель, що визначається випаровуванням, для дуго-катодного з'єднання (EDACC) враховує останні дані про температуру плазми в дузі GMAW, в якій переважають пари металу, а також випаровування металу, яке легко іонізується в області катода. Він визначає залежність між температурою поверхні зварного басейну і потоком тепла, а також розподілом щільності струму. В результаті тепловий потік, а також розподіл щільності струму не є осесиметричним. У цій роботі модель була поєднана зі спрощеним моделюванням басейну зварних швів, а також досліджено вплив таких параметрів моделі, як розподіл температури плазми та швидкість зварювання. Крім того, було вивчено також вплив крапель на розподіл температури поверхні зварного басейну та його вплив на прикріплення дуги-катода, визначене моделлю.

Застосування методу зварювання MIG імпульсної плазми для з'єднання Al/сталь. *Sarizam Bin Mamat, Shinichi Tashiro, Mohamad Najmi Masri, Seong Min Hong, Hee-Seon Bang & Manabu Tanaka*, pp. 857–871

Дугове зварювання з'єднань алюмінію та сталі зазвичай супроводжується утворенням крихких інтерметалічних сполук (ІМК) на межі алюмінієвої сталі. Оскільки утворення ІМК тісно пов'язане з надходженням тепла в основні метали, існує гіпотеза, що здатність регулювати вхід тепла дозволить контролювати товщину ІМК. У даній роботі пропонується використовувати імпульсну плазмову систему MIGW для регулювання подачі тепла в процесі зварювання. Для порівняння стійкості крапель зварної плазми MIGW з імпульсною системою MIGW використовувався тіннограф. Було

встановлено, що плазмовий MIGW генерував регулярний вхід тепла в основний метал завдяки гладкості відшарування крапель і призводив до утворення ІМК рівномірної товщини. Приєднання Al/сталі проводилося з використанням як імпульсних плазмових MIGW, так і імпульсних систем MIGW, і отримані ІМК утворення та товщини оцінювали. Було встановлено, що утворення та товщина ІМС в зварюванні, що відрізняється від Al/сталь, можна контролювати за допомогою імпульсної плазми MIGW. Його нижча температура крапель і знижена швидкість охолодження під час зварювання пригнічували б утворення Fe_2Al_5 та FeAl_3 , і, таким чином, зменшували б загальну товщину ІМС на з'єднувальній поверхні.

Розробка високопродуктивного процесу гарячого дроту GMAW з використанням двовимірного відхилення дуги. *E. Spaniol, M. Trautmann, T. Ungethüm, M. Hertel, U. Füssel, P. Henckell & J. P. Bergmann*, pp. 873–883

Процеси газового дугового зварювання (GMAW) застосовуються в широкому діапазоні застосувань завдяки їх високій продуктивності та гнучкості. Тим не менш, поставлений плавильний провідний електрод призводить до з'єднання матеріалу та введення тепла. Тому збільшення швидкості плавлення співвідноситься із збільшенням тепловіддачі дуги одночасно. Можливість відокремити подачу матеріалу та тепла – використовувати додатковий провід, що зменшує проникнення та погіршує поведінку змочування. Отже, можуть виникати нерівності валика, також дефекти з'єднання або недостатнє зварювання кореня. У контексті цієї статті представлена система керування двовимірним відхиленням магнітної дуги, що дозволяє впливати на положення дуги, а також на передачу матеріалу. Проаналізований процес гарячого дроту GMAW характеризується високою швидкістю плавлення, одночасно усвідомлюючи достатню глибину проникнення та змочування.

Дослідження високошвидкісного GMAW за допомогою складеного зовнішнього магнітного поля. *Qiang Chen, Ji Chen, Sufen Lu, Yanteng Zhang & Chuansong Wu*, pp. 885–901

Для регулювання поперечного та зворотного потоку зварного басейну для високошвидкісного газового дугового зварювання (GMAW) запропоновано магнітогенеруючий пристрій. Сполучне зовнішнє магнітне поле (ЕРС) моделювалось для перевірки доцільності розробленого магнітогенеруючого пристрою. Найвища швидкість зварювання з гарним виглядом зварювального шару складала 1,7 м/хв при швидкості подачі дроту 9,0 м/хв при застосуванні суміші ЕМП. Вплив сполуки ЕРС на рух дуги та краплі було вивчено системою збору зображень. Проаналізовано механізм придушення скла-

дової ЕРС на підрізному дефекті високошвидкісного GMAW. Механізм впливу застосовуваної суміші ЕРС на різні швидкості зварювання та зварювальні струми вивчався за допомогою застосування зварюваного технологічного процесу зварювання за допомогою ЕРС, а також реалізована недорога, якісна та швидкісна технологія зварювання.

Оцінка результатів випробувань та критерії ранжування для Vareststraint випробування аустенітного високотемпературного сплаву. *M.M. Johansson, P. Stenvall, L. Karlsson & J. Andersson*, pp. 903–912

Тестування Vareststraint зазвичай використовується для оцінки сприйнятливості матеріалів до гарячого розтріскування. У цій роботі вивчається залежність операторів та методики оцінки результатів випробувань для високотемпературної аустенітної нержавіючої сталі (UNS S31035). Зразки тестували на шести різних рівнях деформації, коливаючись від 0,7 до 3,8%. Чотири різні оператори оцінювали одні й ті ж зразки, дотримуючись тих же інструкцій щодо вимірювання тріщин вручну в оптичному мікроскопі при збільшенні $\times 25$. Найбільша розбіжність серед оцінок операторів була виявлена для низьких рівнів деформації, де було виявлено мало невеликих тріщин. Крім того, один з чотирьох операторів використовував аналіз зображення для оцінки зразків при збільшенні $\times 50$. Середня загальна довжина тріщин та загальна кількість тріщин у зоні плавлення та зоні ураження теплом були приблизно в 1,5 рази вищими при використанні аналізу зображень порівняно з ручним оцінюванням. Аналіз зображення при $\times 50$ дозволив виявити менші тріщини порівняно з ручним оцінюванням при збільшенні $\times 25$, сприяючи збільшенню кількості виявлених тріщин. Максимальна довжина тріщини за допомогою аналізу зображень при $\times 50$ була схожа на ручну оцінку, зроблену при збільшенні $\times 25$, і був критерієм, який показав найменші зміни в цьому дослідженні. Однак необхідні подальші порівняння з використанням інших збільшень для перевірки відповідності ручного оцінювання та аналізу зображень, виявленого в цьому дослідженні. Перевага при оцінці за допомогою аналізу зображень полягає в тому, що він забезпечує простежувані результати. Гармонізований стандарт для тестування Vareststraint, і особливо для оцінки, зменшить розходження між операторами та лабораторіями.

Поверхневе та об'ємне дослідження впливу різних параметрів Vareststraint випробувань та хімічних складів на кристалізаційне розтріскування у LTT присадних металах. *M. Thomas, F. Vollert, J. Weidemann, J. Gibmeier, A. Kromm & T. Kannengießer*, pp. 913–923

Предметом цього дослідження є те, як і в якій мірі результати тесту Vareststraint/Transvareststraint залежать як від параметрів тестування, так і від ха-

рактистичних методів оцінювання. Кілька різних високолегованих мартенситних LTT (низької температури трансформації) наповнювачів, типу CrNi та CrMn, були відібрані для дослідження через їх досить характерну поведінку тріщиноутворення при затвердінні, яка викликала інтерес після попередніх досліджень. По-перше, вплив різних наборів параметрів процесу на реакцію розтріскування при твердінні вимірювався за допомогою стандартних підходів. Згодом на зразках було проведено мікрофокусну рентгенівську комп'ютерну томографію (μ СТ). Отриманні результати показують значне підповерхнє розтріскування, але різного ступеня. Було виявлено різні типи первинного за-

твердіння за допомогою дисперсійного рентгенівського (WDX) дисперсійного аналізу, проведеного на металевих наповнювачах із різними еквівалентними співвідношеннями Cr/Ni. Цей аспект розглядається як головна відмінність матеріалів типу CrNi- і CrMn у питаннях розтріскування. Результати показують, що, якщо мова йде про випробування сучасних високоефективних сплавів, один набір стандартних параметрів тестування Varestraint може бути не однаково придатним для всіх матеріалів. Крім того, для правильного пристосування різних типів затвердіння необхідно враховувати підповерхнє розтріскування.

Реферати статей з журналу

«Welding in the World», №6, 2020 р.*

Вплив параметрів геометрії крайки шва на клас FAT, отриманих за допомогою моделювання на основі механіки руйнування. *B. Schork, Uwe Zerbst, Y. Kiyak, M. Kaffenberger, M. Madia & M. Oechsner*, pp. 925–936

Підхід IBESS, заснований на механіці руйнування, застосовується для визначення класів FAT стикових швів з ініціюванням тріщин уздовж крайки шва. Метою є дослідження впливу геометричних параметрів шва - радіусу переходу на основний метал, кут нахилу (змочування), посилення та вторинних виїмок, таких як шорсткість або підрізи. Вплив цих параметрів обговорюється як індивідуально, так і в поєднанні; однак виключаючи статистичні розподіли їх та суттєві дані. Результати, порівнянні зі звичайними класами FAT для стикових швів, є обнадійливими щодо потенційного внеску IBESS у обговорення більш просунутих критеріїв якості зварних швів. Для цього пропонуються вимоги до подальших досліджень.

Вплив числової апертури на характеристики розплавленої ділянки при мікроз'єднанні скла пікосекундним імпульсним лазером. *Y. Okamoto, Z. Ouyang, T. Fujiwara & A. Okada*, pp. 937–947

Скляні вироби з точними та витонченими формами дуже затребувані в галузі MEMS завдяки своїм чудовим властивостям. Очікується, що ультракороткий імпульсний лазер буде потужним і надійним інструментом для мікрозварювання скла. Умови фокусування, такі як числова апертура (N.A.), є критичним параметром, який контролює, як ультракороткі лазерні імпульси взаємодіють і поширюються у склі, і він має великий вплив на характеристики лазерного мікрозварювання скла. Для того, щоб дослідити якість зварювального процесу, важливо зрозуміти залежність механічної міцності розплавленої площі, створеної в зразку скла при різній числовій апертурі. Тому механічну міц-

ність розплавленої ділянки з різними числовими апертурами оцінювали при мікрозварюванні скла пікосекундним імпульсним лазером. Більш високу міцність на вигин можна отримати при відповідному співвідношенні об'єму розплавленої площі та зразка скла, коли утворюються безперервні розплавлені ділянки. Крім того, висока щільність і великий розмір розплавленої ділянки без тріщин призвели до більш високого напруження розриву. Зроблено висновок, що покращені характеристики фокусування, такі як N.A. 0,65, сприяють утворенню довгої області високої щільності потужності на осі променя, яка може забезпечити як високу механічну міцність, так і високу швидкість обробки.

Дослідження впливу шорсткості поверхні на мікроструктурні та механічні властивості дифузійного з'єднання між різними магнієвими AZ91-D та алюмінієвими AA6061 сплавами. *M. Rezaei, A. H. Jabbari & M. Sedighi*, pp. 949–962

Вивчено вплив шорсткості поверхні на мікроструктурні та механічні властивості дифузійного з'єднання у твердій фазі між двома різнорідними сплавами магнію AZ91-D та алюмінію 6061 за допомогою гарячого пресування. Хоча прикладені тиск, температура та тривалість дифузійного з'єднання відомі як найбільш ефективні параметри, шорсткість поверхні може помітно змінити механічні та мікроструктурні властивості, якими зазвичай нехтують. Для дослідження впливу шорсткості поверхні в діапазоні 0,06...0,15 мкм було проаналізовано ширину дифузійного з'єднання в зоні міжфазного переходу та наявність інтерметалідних фаз. Крім того, оцінювали мікротвердість, міцність на зріз та поверхню руйнування. Результати показують, що в дослідженому діапазоні шорсткості ширина та мікротвердість з'єднань поліпшуються за рахунок збільшення шорсткості поверхні обох металів; однак сила зрізу зменшилась. Це може

* «Welding in the World», Vol. 64, Issue 6

бути пов'язано з більшим руйнуванням оксидних плівок на металевих поверхнях у більш грубих зразках, а також збільшенням ефективної площі взаємодії під час процесу. Отже, було більше вірогідності на алюмінієво-магнієві контакти, що призведе до більшої дифузії, подальшого утворення крихких інтерметалідних фаз (таких як $Al_{12}Mg_{17}$ та Al_3Mg_2), а отже, більшої твердості та меншої міцності на зріз.

Експериментальні дослідження контролю параметрів технологічного процесу при зварюванні тертям різнорідних матеріалів суднобудівної сталі DH36 – сталі AISI 1008. *Pardeep Pankaj, Avinish Tiwari, Pankaj Biswas, A. Gourav Rao & Sukhomay Pal*, pp. 963–986

У цій роботі листи сталі DH36 та сталі AISI 1008 були з'єднані за допомогою процесу зварювання тертям з перемішуванням (FSW) для дослідження впливу швидкості обертання, швидкості руху та зміщення інструменту на розподіл температури, з-зусилля, мікроструктуру та механічні властивості зварних зразків. При швидкості переміщення (v) 50 мм/хв зі швидкістю обертання (ω) 600 об/хв і зміщенні інструменту 2 мм максимальна ударна в'язкість і твердість були отримані за рахунок більшого подрібнення зерна. Поперечні зразки для випробування на розтяг руйнувалися на більш слабкому матеріалі (тобто сталь AISI 1008) і демонстрували граничні значення міцності на розрив принаймні на рівні більш слабого матеріалу. Ударна в'язкість і твердість сильно залежали від зміни розміру зерна. Ефект на зміну розміру зерна був більшим порівняно з впливом на зміщення інструменту. Збільшення співвідношення (ω/v) зменшило розмір зерна та покращило ударну в'язкість і твердість. В зоні перемішування утворився голчастий ферит на сталі DH36 та зерна відманштеттового фериту на сталі AISI 1008. Більш високі показники твердості спостерігалися в обох сталях в зоні, яка пройшла термомеханічну обробку через значне подрібнення зерна. Збільшення швидкості обертання та зменшення швидкості пересування призводять до підвищення температури зварювання, що знижує з-зусилля.

Порівняння випробувань на схильність до утворення кристалізаційних тріщин феритних нержавіючих сталей за допомогою двох методів. *D.S. Konadu & P. G.H. Pistorius*, pp. 987–997

Схильність до утворення кристалізаційних тріщин нестабілізованих і стабілізованих феритних нержавіючих сталей була досліджена з використанням проб Houldcroft та модифікованої Vareststraint-Transvareststraint (MVT). У цьому дослідженні було використано дев'ять марок сталі нестабілізованих і стабілізованих феритних нержавіючих сталей. Сім сталей, що охоплюють нестабілізовану,

дві моностабілізовані (Ti і Nb відповідно), три подвійно стабілізовані (Ti + Nb) і подвійно стабілізовану, що містить Mo, були використані для проби Houldcroft. Моностабілізована Nb та подвійно стабілізовані (Ti + Nb) (експериментальні сплави) та комерційні марки нестабілізованих та подвійно стабілізованих (Ti + Nb) феритних нержавіючих сталей були використані у випробуванні MVT. Проби Houldcroft і MVT зварювали в захистних газах неплавким електродом зі швидкістю 6, 3, 1 та 6 і 3 мм/с, відповідно. Результати випробувань оцінювали шляхом вимірювання довжини тріщини, враховуючи мікроструктуру та використовуючи множинний лінійний регресійний аналіз довжини тріщини. Метод MVT був успішний при демонстрації згубного впливу Nb на феритних нержавіючих сталях. Розтріскування проб Houldcroft залежало від вмісту Ti, параметрів зварювання та геометрії зварного шву.

Високопродуктивний процес GMAW для застосувань з глибоким проплавленням. *Jair Carlos Dutra, Régis Henrique Gonçalves e Silva, Kauê Correa Riffel & Cleber Marques*, pp. 999–1009

Це дослідження присвячене суперечливим аспектам вискоефективного MIG/MAG зварювання, пов'язаним з проплавленням. Воно демонструє, що більш простий варіант з регулюванням напруги дозволяє отримати хороші результати, доки підтримуються деякі параметри джерела живлення. Розплавлена ванна в даному випадку є порожниною в зразку, що викликається станом, який називається «занурена дуга». У цій техніці неминуче коротке замикання і потрібні динамічні характеристики використовуюваного джерела живлення, щоб стабільність дуги підтримувалася за допомогою зміни значення струму при різних швидкостях його підйому і падіння. Також було проаналізовано використання різних газових сумішей, включаючи версію, названу T.I.M.E. Незважаючи на те, що вона вплинула на геометрію розплавленої зони, ця газова суміш не забезпечує значного покращення зануреної дуги по відношенню до інших сумішей. Порівняння з точки зору динамічної морфології ванни між процесом з керуванням напругою та варіантом Rapid Arc (імпульсний струм) також показує ефективність більш простої версії для глибокого проплавлення. Використання менш дорогих сумішей, таких як 50 % CO_2 в аргоні, технічно досягає тих же цілей при високопродуктивному зварюванні.

Експериментальне дослідження фрикційного зварювання PLA. *Ankit Kumar R. Sharma, Mridusmita Roy Choudhury & Kishore Debnath*, pp. 1011–1021

Зварювання тертям з перемішуванням (ЗТП) – це твердотільна технологія зварювання, яка часто застосовується для зварювання термопластичних

та металевих сплавів у автомобільній та космічній промисловості. Полімолочна кислота (PLA) – термопластичний полімер, здатний до біодеструкції. PLA може замінити полімери на основі нафти у багатьох сферах застосування шляхом застосування ЗТП для зварювання інженерних компонентів на основі PLA. У даному дослідженні було проведено ЗТП для з'єднання листів PLA з метою дослідження впливу вхідних параметрів, а саме швидкості інструменту та швидкості пересування, на міцність на розрив зварних зразків з використанням різних штифтових профілів. Для здійснення зварювання було вибрано швидкості інструмента 700, 1400 та 2000 об/хв та швидкості пересування 20, 30 та 40 мм/хв. Для вивчення їх впливу на міцність та ефективність з'єднання застосовували штифтові профілі, такі як циліндричні, різьбові та конічні штирі інструменту. Для виявлення дефектів зварювання було проведено візуальний огляд зварних зразків. Температура, яка індукується під час зварювання, та поведінка зварних зразків під час переміщення навантаження були вивчені для розуміння поведінки зварювання біодеградабельного PLA.

Корозійна поведінка в паяному шві Al/Cu різьбованих з'єднань, що паяні сплавами Zn–Al. *Zheng Ye, Jihua Huang, Wenjing Yang, Hao Yang, Jian Yang & Shuhai Chen*, pp. 1023–1031

Cu/Al композиції конструкцій мають значні перспективи для застосування в холодильній, автомобільній, енергетичній і аерокосмічній промисловості. Корозійна стійкість з'єднань Cu/Al має вирішальне значення для цих застосувань. В даній статті приведена корозійна поведінка з'єднань Cu/Al, що паяні трьома типами комерційних припоїв Zn–Al, в сольовому тумані. Досліджено та порівняно мікроструктуру та склад паяного шва до та після корозії. Результати показали, що в з'єднаннях існує два типу корозії, тобто точкова корозія на відкритому паяному шві і корозійні тріщини всередині паяного шва. Точкова корозія відбувається в масивах, що збагачені цинком, їй може перешкоджати фаза CuAl_2 . Корозійні тріщини поширюються вздовж дифузійного шару, або збагачених цинком включень. Товстий дифузійний шар і масивні включення, що збагачені цинком, прискорили поширення корозійної тріщини. З'єднання, що паяне припоєм Zn–15Al, Zn–22Al та Zn–28Al, втратило 45, 38 та 30 % від вихідної міцності після 36-годинної корозії в сольовому тумані, відповідно. В цілому підвищення вмісту Zn в припої призвело до різкого зниження корозійної стійкості з'єднань.

Оцінка обробки зварних швів шліфуванням за допомогою методу ефективних напружень в надтрізті. *B. J. Mecséri & B. Kövesdi*, pp. 1033–1046

Експериментальна та чисельна програма досліджень проводилася для визначення збільшення

втомної довговічності зварних з'єднань, до яких застосовували післязварювальну обробку шліфуванням. Зразки таврових зварних з'єднань і зварних з'єднань у вигляді пластини з привареними з двох сторін повздовжніми ребрами жорсткості випробовували на втому, досліджували за допомогою чисельного моделювання та математичних статистичних інструментів. Ефективність застосування шліфування для збільшення втомної довговічності досліджених типів зварних з'єднань добре відома дослідникам. Однак встановлені раніше значення збільшення втомної довговічності в основному базуються на експериментальних результатах. В даній програмі досліджень ефективність застосування шліфування для збільшення втомної довговічності встановлюється чисельним моделюванням зварних з'єднань до та після обробки за допомогою методу ефективних напружень в надтрізті (ЕНН). Випробування на втому проводили на зразках як у вихідному стані, так і після обробки, а потім експериментально встановлені результати порівнювалися з результатами чисельних розрахунків. Підтверджено, що втомна довговічність зварних з'єднань, оброблених шліфуванням, може бути визначена з високою точністю за допомогою модифікування геометрії шва в чисельній моделі та методу ЕНН. На підставі проведених досліджень встановлено, що основним фактором, який призводить до підвищення втомної довговічності зварних з'єднань після шліфування є модифікування геометрії шва в найбільш небезпечній зоні. Результати також показують, що при розрахунках до зварних з'єднань як у вихідному стані, так і після шліфування може бути застосована одна крива втоми, якщо в чисельній моделі реалізована модифікована геометрія зварного шва.

Вплив дифузійних процесів на структуру паяних з'єднань та припою після розтікання по сплаву на основі Ni_3Al . *С.В. Максимова, В.В. Мясойд*, pp. 1047–1052

В даній роботі представлені результати досліджень зі змочування припоєм системи Pd–Ni–Cr (Me)–Ge чистого нікелю і високотемпературного сплаву на основі алюмініду нікелю (Ni_3Al). Мікрорентгеноспектральні дослідження показали, що розтікання припою системи Pd–Ni–Cr(Me)–Ge по поверхні підкладки з чистого нікелю, що не містить алюмінію, забезпечує кристалізацію припою в вигляді твердого розчину паладій – нікель і одиничних дисперсних включень фази (PdNiCr)–14,13Ge. Ці включення виділяються по границях зерен твердого розчину і можуть сприяти зміцненню сплаву. При розтіканні даного припою по жароміцному сплаву на основі Ni_3Al (Ni–Al–Mo–B), що містить біля 10 мас.% алюмінію, спостерігається інший склад і інша морфологія закристалі-

зованого припою. Твердий розчин формується на підкладці основного металу. В ньому кристалізуються часточки на основі паладію (60,59 %), що насичуються алюмінієм (12,3 %). При паянні сплаву на основі Ni3Al (Ni–10Al–14Mo–B) з застосуванням даного припою висока концентрація алюмінію в основному металі і наявність градієнту концентрацій на границі розділу сприяє активній дифузії останнього з основного металу в паяний шов. Дифузійні процеси призводять до заміщення германію на алюміній в фазі (PdNiCr)xGe_y. В результаті в паяному шві формується інтерметалідна фаза (PdNiCr)xAl_y, концентрація Al в якій відповідає концентрації Al в основному металі. Виділяється вона в центральній зоні паяного шву і сприяє крихкому руйнуванню паяних з'єднань. Застосування припою системи Ni–Cr–Al–Me для паяння алюмініду нікелю призводить до формування структури, що не містить інтерметалідних фаз і евтектик в центральній зоні паяного шва.

Рівноканальне кутове пресування зварного з'єднання зі сплаву AA6061, отриманого аргонодуговим зварюванням неплавким електродом. *N. Sadasivan & M. Balasubramanian*, pp. 1053–1064

Термообробка після зварювання – це найпоширеніша методика відновлення міцності алюмінієвих зварних швів шляхом перекристалізації зміцнюючих часток і часто вимагає громіздкої, енергоємної та трудомісткої термічної обробки. Рівноканальне кутове пресування (РККП) вперше запропоновано як альтернативу термічній обробці зварних зразків сплаву AA6061, отриманих аргонодуговим зварюванням неплавким електродом. Обробка РККП виконувалась в двох різних орієнтаціях заготовки відносно положення зварного шва. При обох варіантах заготовок під час РККП спостерігаються значні зміни механічних та металографічних властивостей металу. Властивості зразків після РККП свідчать, що використання РККП як альтернативи термічній обробці є життєздатним, а другий варіант РККП виявляється більш ефективним, ніж перший. РККП відновлює міцність металу швів до рівня термічної обробки, але з кращою пластичністю і займає менше часу, а відтак, більш привабливе, ніж термообробка після зварювання.

Вплив Ni на корозійну стійкість та мікроструктуру металу зварного шва, виконаного електродами E8018-G. *Majid Fakheri, Hamid R. Zare, Zahra Mohammadpour & Masoud Mosallaei*, pp. 1065–1075

У зв'язку з важливістю корозії металу зварного шва, це дослідження спрямоване на визначення впливу легування Ni металу зварних швів на їх параметри корозії та мікроструктури. У зв'язку з цим досліджено вплив незначних кількостей Ni до 8,0 мас. % в металі зварних швів, виконаних

електродами типу E8018-G в умовах, рівних промисловим стандартам. Параметри корозії металу зварних швів оцінювалися методами потенціодинамічної поляризації та електрохімічної імпедансної спектроскопії в корозійному розчині 3,5 % NaCl. Морфологію металу зварних швів досліджували за допомогою польової емісійної скануючої електронної та оптичної мікроскопії. За результатами оцінки морфології, густини корозійного струму (J_{corr}), швидкості корозії (CR) та поляризаційного опору металу швів з різною кількістю Ni показано, що Ni відіграє важливу роль у створенні антикорозійних властивостей. Мікроструктурні дослідження свідчать, що метал зварного шва, що містить 2,91 мас. % Ni, є однорідним, а його основна фаза – голчатий ферит (AF). Результати також показують, що оптимальна кількість 2,91 мас. % Ni в металі зварного шва забезпечує найбільшу корозійну стійкість в корозійному розчині.

Гарячий крекінг при автогенному зварюванні алюмінієвого сплаву 6061-T6 Nd: YAG лазером з імпульсом прямокутної форми. *Hossain Ebrahimzadeh, Hassan Farhangi & Seyed Ali Asghar Akbari Mousavi*, pp. 1077–1088

Завдяки високій схильності сплавів Al–Mg–Si до утворення гарячих тріщин, автогенне зварювання лазерним променем з імпульсом прямокутної форми в цілому не було успішним для усунення тріщин. У цій роботі було досліджено вплив параметрів імпульсу Nd: YAG лазера та попереднього підігріву на утворення гарячих тріщин в алюмінієвому сплаві 6061-T6. Зразок, виготовлений за допомогою лазерного зварювання на режимі 1 Гц, 0,12 мм/с, 10 мс і без попереднього підігріву, мав найвищу швидкість охолодження та найменшу відстань між осями дендритів, але гарячих тріщин виявлено не було. Зразки при випробуванні на розтяг руйнувались у місці, далекому від металу шва, а зменшення кремнію та магнію в міждендритному просторі та зменшення теплових напружень призвели до усунення гарячих тріщин. Однак, згідно з макромасштабними моделями утворення гарячих тріщин, попередній підігрів зменшив напруження при розтягуванні в ВТР (температурний діапазон окрихчення), але підвищення температури попереднього підігріву призвело до збільшення, а не до зменшення довжини гарячої тріщини. У цьому випадку важливими параметрами, що впливають на ініціювання та зростання гарячої тріщини, були утворення водневої пористості, сегрегація кремнію та магнію та утворення сполук з низькою температурою плавлення.

Вплив ніобію на мікроструктуру та властивості швів при зварюванні під флюсом HSLA сталей. *T. Patterson & J.C. Lippold*, pp. 1089–1105

Високоміцні низьколеговані або мікролеговані сталі виготовляються з контрольованою термо-

механічною обробкою (ТМСП) для досягнення бажаних мікроструктур і механічних властивостей, а добавки мікролегуєчих елементів є критичними для отримання оптимальних властивостей. Сталь, яка є об'єктом у цьому дослідженні, є мікролегованою з приблизно 0,1 мас.% Nb, тобто на рівні, характерному для трубних сталей типу X70. Дугове зварювання під флюсом (SAW) – це спосіб, що широко використовується при виготовленні трубчатих конструкцій поздовжніми швами. Представлене дослідження складалося з двох частин. У частині 1 проаналізовано контрольовані рівні розчинення при використанні наявних у продажу дротів для SAW та сталі, мікролегованою Nb, у пропорціях для імітації металу шва при зварюванні під флюсом. В частині 2 цього дослідження оцінювали реальні шви при зварюванні під флюсом низьколегованих сталей. Були виконані наплавлення, в яких вміст Nb постійно збільшувався шляхом додавання феро-ніобію безпосередньо до флюсу. Двошарові зварні шви, що використовуються при виробництві трубопроводів, також оцінювались за допомогою тих самих добавок феро-ніобію до флюсу, щоб збільшити вміст Nb у металі зварного шва. На основі цієї роботи та літературних публікацій дана оцінка еволюції мікроструктури та відповідних механічних властивостей зі збільшенням Nb.

Релаксація залишкової напруги у зварювальних фільтрах, оброблених HFMI, після піків одного перевантаження. *Jan Schubnell, Eva*

Carl, Majid Farajian, Stefanos Gkatzogiannis, Peter Knödel, Thomas Ummenhofer, Robert Wimpory & Hamdollah Eslami, pp. 1107–1117

Індукція залишкової напруги, що стискається біля поверхні, є важливим фактором для покращення термінів втомлення зварних з'єднань, оброблених HFMI. Однак послаблення цих корисних залишкових напружень при піках одного перевантаження (при різній амплітуді та навантаженнях) може значно зменшити покращення цикла втоми. З цієї причини існує декілька рекомендацій щодо обмеження максимальної напруги навантаження для такого типу зварних з'єднань після обробки. У цій роботі експериментально досліджено вплив перевантажень одноразового натягу та стиснення на поведінку релаксації залишкових напружень, викликаних HFMI, методами рентгенівських та нейтронних дифракцій, доповнених чисельним моделюванням на поперечних жорсткостях із м'якої сталі S355J2 та високої міцності сталі S960QL. Навантаження застосовувались наближеними до реальної межі текучості основного матеріалу. Значно різна поведінка релаксації спостерігалася для сталі S355J2 та S960QL. Крім того, великі навантаження при стисненні призводять до повного розслаблення залишкової напруги в корні зварного шва S960QL і помірного розслаблення для S355J2. Навантаження з високою напругою призводять лише до незначного розслаблення.

С.В. МАКСИМОВА – ЗАСЛУЖЕНИЙ ДІЯЧ НАУКИ І ТЕХНІКИ УКРАЇНИ



Колектив Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України, редколегія та редакція журналу «Автоматичне зварювання» щиро вітають доктора технічних наук, завідувача відділу «Фізико-хімічні процеси паяння» ІЕЗ, Світлану Василівну Максимову з присвоєнням почесного звання «Заслужений діяч науки і техніки України».

З УКАЗУ ПРЕЗИДЕНТА УКРАЇНИ

№ 186/2020 від 15 травня 2020 р.

«Про відзначення державними нагородами України з нагоди Дня науки»

За вагомий особистий внесок у розвиток вітчизняної науки, зміцнення науково-технічного потенціалу України, багаторічну сумлінну працю та високий професіоналізм постановляю:

Присвоїти почесне звання «Заслужений діяч науки і техніки України» завідувачеві відділу Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України, доктору технічних наук Максимовій Світлані Василівні.

Президент України
В. Зеленський

ЗВАРЮВАЛЬНИЙ РОБОТ CLOOS СКОРОЧУЄ ТЕРМІНИ ВИРОБНИЦТВА ТУРБІН SIEMENS

Попит у світі на енергію продовжує зростати. Зокрема, великим попитом користуються екологічно чисті процеси виробництва енергії. У випадку великих електростанцій виробництво електроенергії відбувається за допомогою газових турбін. Зокрема, країни з родовищами природного газу все частіше спалюють газ та продають електроенергію за кордон, що дозволяє більше заробляти та розвивати інфраструктуру країн-постачальників. Наразі найефективніша газова турбіна Siemens виробляє фантастичні 340 МВт і є найбільшою та найефективнішою газовою турбіною у світі. Цього достатньо для забезпечення електроенергією населення такого міста, як Гамбург. Siemens наразі створює газові турбіни в класах потужності від 68 до 340 МВт. Газова турбіна потужністю 340 МВт довжиною 13 м і висотою 5 м, важить 440 тонн. У порівнянні з вугільними та атомними електростанціями ці турбіни мають перевагу більш високим рівнем ефективності та хорошою регульованістю. Лише за 15 хв така турбіна може досягти максимальної потужності. Високий рівень ККД газової турбіни майже 40 % потім збільшується до загального рівня ККД – 60 %. Крім того, турбіни Siemens виявляються порівняно стійкими щодо первинних енергоносіїв: для виробництва електроенергії можна використовувати найрізноманітніші якості газу та нафти. В майбутньому також можна буде використовувати газ, отриманий з вугілля.

Siemens постійно вдосконалює своє виробництво і останнім часом інвестує, наприклад, у сучасну робототехнічну зварювальну систему. Маючи основні технології зварювання та робототехніку компанія CLOOS зарекомендувала себе як надійний системний партнер. Необхідно було значно швидше зварювати 30-тонний фланець газової турбіни – у професійному жаргоні, відомий як «облицювання корпусу підшипника турбіни».

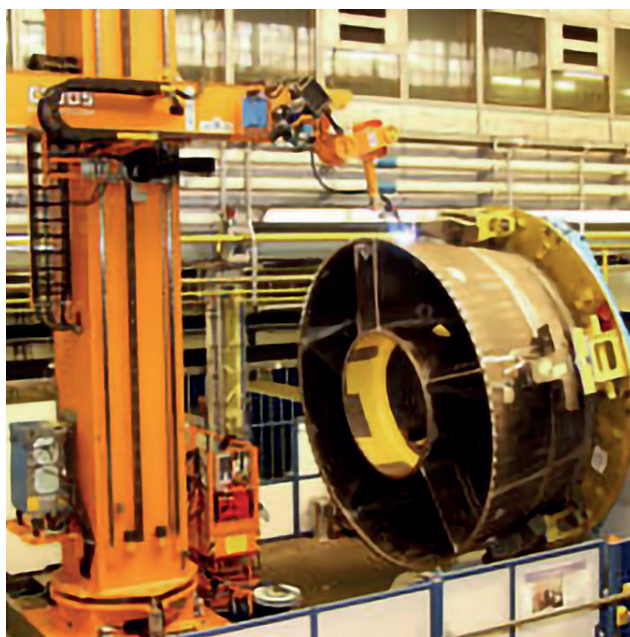
Для оптимального зварювання великих деталей турбіни діаметром до 4 м CLOOS встановив робот ROMAT® 350 до колони висотою 10 м. Механічно дуже стабільні роботи ROMAT® розроблені у вигляді поворотних з'єднаних конструкцій і мають понад 6 осей обертання. Крім того, тип 350 має розширену третю вісь з довжиною 2200 мм для оптимальної доступності до компонентів великого об'єму. Динамічні сервоприводи забезпечують високу вантажопідйомність до 15 кг, а точні

компактні передачі забезпечують високу точність повторення менше 0,1 мм. Робот і позиціонер настільки гнучкі, що лише 20 % роботи потрібно закінчити вручну. Для цього Siemens замовив спеціальну робочу платформу, яка може підняти персонал до висоти 6,5 м.

Розробки та V-шви зазвичай зварюються в три проходи в процесі MAG. Щоб досягти оптимальних результатів у цьому процесі дугового зварювання, зварювальний дріт постійно подається відповідно до форми зварювання та швид-



Загальний вигляд газової турбіни Siemens SGT5-4000F



Зварювальний робот працює майже на висоті 10 м і зменшує час зварювання, порівняно з ручним зварюванням, до 35 год



Мікропроцесорне джерело живлення 600 A-Quinto для зварювання, датчик шва та головка Duo-Drive забезпечують стабільно високі стандартні результати зварювання

кості зварювання через CLOOS-Duo-Drive із змінною швидкістю. Крім того, активні компоненти газу додатково змішуються з інертним газом, щоб впливати на зварний шов відповідно до спеціальних технічних вимог. Siemens використовує газову суміш аргону, 20% CO₂ і 2% He. Датчик дуги забезпечує відстеження швів і контролює головку зварного шва, щоб не потрібно було робити зусилля для підготовки шва та ширини зазору. Успіх використання цієї роботизованої установки показав: робот CLOOS тепер скорочує час зварювання зі 114 до 80 год. А час на зачистку зменшився більш ніж на 10 %.

Роботизоване зварювання в вузькощільнну розробку. Наступним етапом раціоналізації для фахівців Siemens і CLOOS стало зварювання гігантських фланців. На зварювання цих з'єднань йде чотири восьмигодинних зміни. При цьому на кожен зварювальний шов з V-подібною розробкою і кутом розкриття 50-градусів йде близько 150 кг зварювального дроту. Ця технологія не була оптимальна з точки зору часу зварювання і витрати матеріалів. Таким чином, виникла ідея – знайти рішення на основі досвіду з CLOOS в робототехніці і зварюванні.

CLOOS розробив спеціальну головку для зварювання у вузьку щілину – близько 500 мм в довжину, шириною 16 мм, яка занурюється за допомогою робота в вузький зазор виробу. Перехід на вузьку щілину під зварювання, замість застосовуваної раніше V-подібної розробки значно збільшив продуктивність і заощадив матеріали для зварювання.

Тепер зварювання роботом в вузькощільнну розробку займає менше ніж чотири години і при цьому використовується всього близько 30 кг зварювального дроту. У порівнянні з попередньою технологією зварювання, ця технологія економить близько 80 % часу і зварювального дроту. Це дуже велика економія, зокрема і по споживаній енергії. Це призводить до ще однієї переваги: відносно низьке споживання енергії, а як наслідок і менше тепловкладення при зварюванні в вузьку щілину також зводить до мінімуму спотворення хімічного складу і трансформацію металу в процесі зварювання.

Навчальний робот для зварювальних випробувань. Щоб всебічно підготувати працівників Siemens до нової технології виробництва, філія CLOOS у Берліні зробила демонстраційний робот доступним фахівцям з газових турбін. Це сприяло плавному введенню в експлуатацію.

За матеріалами сайту <https://www.foundry-planet.com/d/cloos-welding-robot-shortens-production-times-in-siemens-turbine-construction/>

Усі види робіт на одній виробничій базі

Представник компанії Fronius International відвідує успішну будівельну компанію Huter und Söhne (головний офіс у м. Інсбрук). Винятково позитивну репутацію має відділ роботи з метало-конструкціями. У цеху з виготовлення метало-конструкцій компанії зайнято 60 працівників; крім того, встановлено 10 стаціонарних зварювальних систем і додаткові пересувні зварювальні установки. В усіх виробничих процесах спеціалісти компанії Huter використовують лише зварювальні технології та зварювальне обладнання від Fronius.

Інсбрук, що в центрі Тиролю, є базою для професійної та комерційної діяльності компанії Huter und Söhne вже більш ніж 150 років. Центр міста набув свого сучасного вигляду завдяки зусиллям значної кількості будівельників, які працювали в Huter. Нині компанія Huter und Söhne успішно представлена на різних ринках у галузі будівництва.

Універсальні концепції будівництва. Компанія Huter und Söhne пропонує комплексні рішення для різних галузей і аспектів будівництва: стандартні інженерно-будівельні роботи, деревообробні роботи, збірку конструкцій із ламінованої деревини, а також зварювальні роботи й виробництво метало-конструкцій. На власному виробництві компанія виготовляє більш ніж 70 % будівельних компонентів – від фундаментів до кроквяних балок та від входних дверей із суцільного дерева до корозійностійких поручнів. І, звичайно ж, мешканці Інсбрука можуть скористатися винятковим досвідом компанії щодо будівництва під ключ!

«У нас влаштовано близько 250 працівників, і це дає нам можливість працювати з різноманітними архітектурними стилями, представленими в житлових масивах і офісно-ділових центрах, у промислових спорудах і виставкових комплексах. Ми також маємо досвід зведення надійних приватних житлових будівель – розповідає Томас Гаттрінгер (Thomas Gattringer), провідний спеціаліст із виготовлення метало-конструкцій, практик-зварювальник та інструктор компанії Huter und Söhne. Нема потреби окремо наголошувати, що ми реагуємо на всі виклики, які ставить перед нами кожна інновація в інженерно-будівельній галузі. Також у нашому портфоліо є енергозберігаючі споруди».

Цех із виготовлення метало-конструкцій Huter und Söhne. Під час огляду потужностей цеху з виробництва метало-конструкцій помітно,

що приміщення розділене на зони залежно від матеріалу, з яким доводиться працювати.

Сталь. Першою у виробничих приміщеннях розташована зона виготовлення сталевих конструкцій: тут зі стандартних марок будівельної сталі виготовляють поручні, сходи, трапи й пандуси, піддашки, паркувальні навіси тощо. Спеціалісти працюють із масивними сталевими балками, які наразі перекривають вхід у цех, але зроблено це не навмисно: «На цьому етапі робіт потрібно докласти чимало зусиль», – пояснює Гаттрінгер. «От, наприклад, монтажні кронштейни для балконних ящиків. Металеві пластини сягають товщини 20–30 мм. Ми застосовуємо дрід діаметром 1,2 мм і зварюємо конструкцію у три шари. Для такого зварювання потрібна величезна потужність, і тому на цьому етапі переважно використовуємо надійну систему TransSteel 3500с».

Гаттрінгер також пояснив, що відповідно до положень EN 1090 зварювальні роботи для виготовлення подібних конструкцій у компанії Huter повинні виконуватися лише за допомогою системи TransSteel 3500с. Зварювальна установка TransSteel 2200 також постачається з прийнятним комплектом сертифіката відповідності, але потрібну потужність для виконання цих робіт може забезпечити лише установка TransSteel 3500с. Крім того, і це найважливіше, TransSteel 3500с оснащено системою водяного охолодження, без якого неможливо обійтися, виконуючи зварювання високої потужності. «Якщо необхідно виконати нескладну роботу, ми використовуємо старіші системи VarioStar, яким фактично зносу немає».

У наступному залі розташовується цех із виробництва каркасних конструкцій. Тут видно, як мало комплектуючих компанії Huter доводиться купувати у сторонніх виробників: дверні коробки, що стоять під стінами, виготовлені в цьому цеху силами працівників компанії з вихідної сировини. Спочатку слюсарі вирізають смуги відповідних розмірів з оцинкованих сталевих листів завтовшки 1,5 мм, а потім обрізують їх і формують профілі складної форми. На наступному етапі окремі компоненти зварюють між собою у готову дверну коробку.

Алюміній. Наступна зона – ділянка з виготовлення та обробки алюмінієвих конструкцій. У цій частині виробничої бази збирають алюмінієві профілі для вікон, дверей та фасадів, а також повноцінні будівельні блоки для дахів.

Нержавіюча сталь. За кілька метрів поруч розташована зона обробки нержавіючої сталі. У



Окремі компоненти зварюють у готову сталеву дверну коробку

ній працівники вдягнені в футболки та працюють у білих рукавичках, адже найважливіше на цьому етапі – дрібна моторика та точність рухів; вимоги до цих висококласних спеціалістів зі зварювання TIG варто порівняти з вимогами до творів мистецтва! Прямо зараз вони працюють переважно над збиранням поручнів, дверних коробок із нержавіючої сталі та поручнів. Візуально бездоганні зварні шви створені за допомогою установок Fronius MagicWave 230i або TransTig 230i.

Ближче до завершення нашої екскурсії цехами Гаттрінгер зазначив: «Ми в роботі дотримуємося найсуворіших стандартів якості, тож нам потрібні інструменти відповідного рівня. І тому для будь-яких робіт із високотемпературного з'єднання ми покладемося лише на зварювальні технології від Fronius».



Зварювання алюмінієвих конструкцій



Візуально бездоганні зварні шви на поручнях з нержавіючої сталі



Поручні з нержавіючої сталі

Установка TransSteel 2200 для виконання зварювання на різних будівельних майданчиках. «Ми також обираємо системи Fronius, коли потрібно виконати завершальні роботи на об'єктах», – продовжує спеціаліст зі зварювання. Дрібні роботи з виконання прихоплення, наприклад на поручнях сходових маршів, можна швидко, якісно та зручно виконати за допомогою установки TransPocket. Але коли виникає потреба з'єднати готові секції поручнів із формуванням високоякісних видимих зварних швів, зварювальники віддають перевагу установці TransSteel 2200: «Візуальний вигляд зварних швів для робіт такого типу має значення, тому для виконання таких робіт важливо використовувати зварювання TIG».

Працівники, які виконують монтажні роботи, цілком задоволені, зокрема, функцією контактного підпалювання установки TransSteel 2200 у режимі зварювання TIG. «Працювати із цією системою настільки легко та зручно, що дотримуватися найвищих стандартів якості під час зварювання за допомогою цієї системи вдається без особливих зусиль. Правду кажучи, для успішного опанування системи достатньо короткого навчання і лише кількох практичних занять. Після проходження цього навчання зварювальник може виконувати роботи такого рівня складності й із такою якістю, яких раніше досягали тільки в майстерні із використанням високочастотних зварювальних систем TransTig і MagicWave».



Завершальні роботи на об'єкті з TransSteel 2200

Просте використання. Гаттрінгер також згадує про вражаючу вагу установки TransSteel 2200 та зручність її експлуатації. «Перевагою цієї системи є її багатопроцесорність; спеціалісти особливо цінують можливість швидко перемикається між процесами. Систему можна дуже швидко переналаштувати для виконання робіт із використанням іншого зварювального процесу. Усі зміни вносяться швидко, інтуїтивно зрозумілі й не вимагають значного досвіду зварювання. Тому зварювальник може підготуватися до роботи за дуже короткий проміжок часу».

Простота використання пристроїв Fronius приваблює зварювальників і з технічного погляду: «Лише уявіть, що для зварювання не потрібно використовувати струм із високим рівнем напруги! Оскільки такий струм важко забезпечити на будівельних майданчиках, раніше доводилося підвозити генератори, що значно збільшувало обсяг необхідних робіт. Сьогодні потреби в цих додаткових роботах немає».

Універсальність застосування та багато-процесорна експлуатація. Часто зварювальники-монтажники працюють на об'єктах, де немає чітко визначених завдань, які потрібно виконати. «Для таких випадків ми завжди тримаємо в багажнику автомобіля компакту установку TransSteel. Вона дасть нам змогу виконати будь-яку незаплановану роботу».

Працюючи з компактними установками, спеціалісти компанії Huter, однак, не відчують обмежень щодо доступних варіантів зварювання: «Ми використовуємо всі зварювальні процеси на належному професійному рівні та підтримуємо незмінно високу якість виконання робіт».

Використання досвіду компанії Huter у ювелірній галузі. Нещодавно компанія отримала завдання для роботи із системою TransSteel від однієї з відомих ювелірних компаній Інсбрука. Під час реконструкції приміщення знадобилося встановити міцні сталеві балки великого перерізу для підтримання стелі, проте вільному виконанню робіт перешкоджали численні тимчасові вертикальні опори. «Ми змушені були працю-

вати в умовах обмеженого простору. Зварювання доводилося проводити в усіх можливих положеннях, кожне з яких виявлялося незручним для зварювальників. Через дефіцит вільного простору і брак можливостей для маневру працювати з великими зварювальними установками MAG було практично неможливо. А в разі використання менш потужних електродних зварювальних установок роботи, можливо, не були б завершені. Проте завдяки універсальності системи TransSteel ми успішно подолали всі проблеми».

Якість та технічне обслуговування. Гаттрінгер та його колеги високо оцінюють якість обладнання Fronius. «Обладнання виготовлене з високоякісних матеріалів, які служитимуть дуже довго. А у разі виникнення будь-яких несправностей до нас дуже швидко приїжджає спеціаліст, який оперативнo усуває проблему. Якщо ж несправність неможливо ліквідувати на місці, компанія в стислі терміни замінює обладнання – а це дуже важливо за умов, коли на виконання робіт відведено мало часу». Крім того, працівники відділу продажу Fronius чудово проінформовані про всі типи процесів, які використовуються в майстернях. Спеціалісти компанії Fronius регулярно перевіряють рівень зношеності обладнання та заповненість складу запасних частин. «Завдяки високій якості обслуговування, яке надає компанія Fronius, ми заощаджуємо чимало часу та енергії, тож партнерство з Fronius дуже важливе для нас».

Підрозділ Perfect Welding — лідер інновацій у галузі електродугового, а також світовий лідер на ринку обладнання для роботизованого зварювання. Постачальник систем, підрозділ Fronius Welding Automation, також розробляє повноцінні рішення для автоматизованого зварювання в цілій низці галузей: від будівництва резервуарів до наплавки в морському нафтогазовидобуванні. Лінійку наших продуктів доповнюють джерела струму для ручного зварювання, зварювальні аксесуари та широкий спектр послуг. Маючи мережу з більш ніж 1000 торгових партнерів по всьому світу, підрозділ Fronius Perfect Welding завжди перебуває поряд зі своїми замовниками.

4th International Interdisciplinary Conference

Advances in Metallurgical Processes and Materials

Ukraine, Odesa, May 19-21, 2021

<http://www.admet2021.com.ua>

