

ЗЕЛЬНИЧЕНКО

Олександр Тимофійович –
кандидат фізико-математичних
наук, завідувач
видавничого відділу
Інституту електрозварювання
ім. Є.О. Патона НАН України

ЛПОДАЄВ

Володимир Миколайович –
доктор технічних наук,
заступник головного
редактора журналу
«Автоматическая сварка»
Інституту електрозварювання
ім. Є.О. Патона НАН України

ЗВАРЮВАННЯ ТА СПОРІДНЕНІ ТЕХНОЛОГІЇ – СЬОГОДЕННЯ І МАЙБУТНЄ

Міжнародна конференція

25–26 листопада 2013 р. в Києві на базі Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України відбулася Міжнародна конференція «Зварювання та споріднені технології – сьогодення і майбутнє», організована Національною академією наук України та Інститутом електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України.

Міжнародна конференція «Зварювання та споріднені технології – сьогодення і майбутнє» відбулася 25–26 листопада 2013 р. в Києві в Інституті електрозварювання (ІЕЗ) ім. Є.О. Патона НАН України. Ініціаторами заходу виступили Національна академія наук України та ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАН України.

У Конференції взяли участь понад 200 представників академічних і галузевих науково-дослідних інститутів, наукових, проектно-конструкторських та інженерних центрів, промислових підприємств і університетів, а також керівники та менеджери зацікавлених бізнес-структур. Серед учасників заходу було 34 іноземні представники з країн далекого (Австрія, Болгарія, Велика Британія, Німеччина, Індія, КНР, Польща, Словаччина, США, Франція, Японія) та близького (Білорусь, Грузія, Казахстан, Росія) зарубіжжя. Серед почесних гостей Конференції були присутні президент АН Республіки Саха (Якутія) чл.-кор. РАН М.П. Лебедев, президент Російського науково-технічного зварювального товариства проф. О.І. Стеклов, президент Товариства зварників України В.Г. Фартушний, президент Білоруського товариства зварників проф. Л.С. Денисов.

На пленарних засіданнях Конференції було заслухано та обговорено 23 замовлені доповіді про найважливіші наукові досягнення, отримані останнім часом у галузі зварювання, наплавлення, паяння, міцності, нових матеріалів, неруйнівного контролю і технічної діагностики, оцінки залишкового ресурсу зварних конструкцій, інженерії поверхні, спеціальної електро-



Виступ академіка НАН України
Леоніда Михайловича Лобанова

металургії, а також перспективи подальшого розвитку цих напрямів.

Великий інтерес в учасників Конференції викликала доповідь директора ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАН України академіка НАН України **Б.Є. Патона**, виголошена заступником директора Інституту академіком НАН України Л.М. Лобановим. У доповіді було представлено низку розробок ІЕЗ ім. Є.О. Патона для енергетики. Зокрема, йшлося про технології зварювання великогабаритних роторів турбін, електронно-променевого зварювання заготовок великої товщини з високоміцних сталей, зварювання під флюсом і контактного зварювання пульсівним оплавленням труб для магістральних газопроводів великого діаметра, а також про технологію та устаткування для створення енергоощадних теплообмінних пристроїв. Особливу увагу було приділено розробкам, спрямованим на підвищення корозійної стійкості твелів і безпечну експлуатацію АЕС; запропонованим практичним рекомендаціям з ремонту магістральних трубопроводів без виведення їх з експлуатації. Доповідач навів результати досліджень, які свідчать про можливість застосування акустичної емісії для моніторингу зварних конструкцій, що працюють в умовах високих температур, а також розповів про розроблений в Інституті спосіб запобігання катастрофічному витіканню нафти зі

зруйнованих труб свердловин нафтодобувних платформ.

У доповіді співробітників Всеросійського науково-дослідного інституту авіаційних матеріалів академіка РАН **Є.М. Кабалова**, к.т.н. **О.Г. Оспенникової** та д.т.н. **Б.С. Ломберга** було визначено стратегічні напрями розвитку матеріалів і технологій їх перероблення для основних деталей газотурбінних двигунів нового покоління на період до 2030 р. Викладено сучасні тенденції розвитку ливарних і деформівних жароміцних сплавів, у тому числі інтерметалідних на основі нікелю і титану. Наведено характеристики встановленого в Інституті нового вакуумного обладнання для виплавляння жароміцних сплавів і деформації високотемпературних матеріалів в умовах ізотермії на повітрі, а також результати розроблень у галузі іонно-плазмового нанесення захисних жаростійких, зміцнювальних і теплозахисних покриттів на лопатки та інші деталі ГТД і створення нового покоління плазмохімічного устаткування. Розроблено технологію отримання широкого спектра надчистих ультрадисперсних порошків методом атомізації для вакуумного дифузійного паяння й адитивних технологій.

Цікавою була доповідь проф. **Гуань Цяо** (Guan Qiao) з Пекінського інституту авіаційних технологій (Beijing Aeronautical Manufacturing Technology Research Institute, BAMTRI). Відіграючи провідну роль у сфері наукових досліджень і технічних розробок нетрадиційних технологій зварювання в Китаї, BAMTRI бере участь у кількох дослідницьких програмах, пов'язаних з комплексним адитивним виробництвом на основі технологій зварювання і з'єднання. У результаті виконання цих програм авіаційна промисловість має високу швидкість щодо проектування та дослідного виробництва нової продукції. Заснований у 1957 р., BAMTRI є комплексним дослідним інститутом, який спеціалізується на наукових дослідженнях у галузі передових авіаційних промислових технологій та розробленні відповідного обладнання, а також у просуванні таких технологій і обладнання в промислове



Учасники Міжнародної конференції «Зварювання та споріднені технології — сьогодення і майбутнє»

виробництво. З огляду на лідерство BAMTRI у сфері електронно-променевих, лазерних, плазмових та іонних технологій оброблення, в 1993 р. на базі Інституту було створено Національну ключову лабораторію променевих процесів. Зварювання, з'єднання і оброблення силовими пучками, а також зварювання і з'єднання у твердій фазі — два основні напрями наукових досліджень і технічних розроблень, які здійснюють у BAMTRI для вирішення «унікальних» і «критичних» проблем сучасної авіаційної промисловості, а також з метою формування технічної основи для комплексного адитивного виробництва, що сприяє розвитку перспективних технологій та відповідного обладнання для авіаційних підприємств Китаю.

Сучасні легкі конструкції виготовляють із найрізноманітніших матеріалів. Для з'єднання цих матеріалів один з одним використовують різні методи, але переважно — зварювання та склеювання. Німецькі колеги проф. **У. Райсген** (U. Reisgen) та інженер **М. Шлезер** (M. Schleser) з Інституту зварювання і з'єднань (ISF Welding and Joining Institute) у своїй доповіді розглянули переваги обох способів та можливості комбінованого використання зварювання і склеювання.

Відносно новому процесу — зварюванню тертям з перемішуванням — було присвячено доповідь **А. Де** (A. De) з Інституту технологій

Індії (Indian Institute of Technology, Bombay) та **Т. Діброя** (T. Debroy) з Пенсильванського університету (Pennsylvania State University, USA). Нині у світі активно проводять комплексні дослідження, спрямовані на поглиблене розуміння цього процесу. Зварювання тертям з перемішуванням уже використовують у промисловому масштабі для з'єднання алюмінію та інших м'яких сплавів, однак його промислове застосування для зварювання твердих сплавів потребує розроблення економічного і довговічного інструменту. У доповіді було розглянуто останні досягнення в галузі чисельного моделювання теплообміну і плинності матеріалів, при цьому основну увагу приділено оптимізації розмірів інструменту і вибору режимів зварювання для забезпечення його максимальної довговічності.

У доповіді президента — наукового керівника Центрального науково-дослідного інституту конструкційних матеріалів «Прометей» (Санкт-Петербург) академіка РАН **І.В. Горініна** було розглянуто ретроспективу співпраці ЦНДІ КМ з ІЕЗ ім. Є.О. Патона зі створення особливо надійних металевих матеріалів і промислових технологій для спеціальної техніки, розроблення покритих електродів, агломерованих флюсів, порошкових дротів, зварювальних технологій та обладнання. Ці установи мають єдиний підхід до розроблення технології

металургії та зварювання з метою забезпечення високої експлуатаційної надійності створених на основі нових матеріалів сучасних конструкцій. Доповідач навів перелік спільних робіт з оцінювання опору матеріалів крихкому руйнуванню, розвитку методів оцінювання циклічного ресурсу зварних конструкцій, вдосконалення методик сертифікаційних випробувань металу.

Про величезні зміни в польському зварювальному виробництві за останні 20 років ішлося в доповіді польських науковців проф. **Я. Пилярчика** (J. Pilarczyk) і **В. Земана** (W. Zeman) з Інституту зварювання в Глівіце. Ці зміни охоплюють такі сфери, як права власності виробників зварювального обладнання та матеріалів, інвестиції, вплив вільного ринку, важливість знань і власних потенційних можливостей людей. Усі ці чинники дали змогу значно підвищити рівень розвитку галузі зварювання в Польщі.

Проблемам залучення та підготовки керівного персоналу в галузі зварювання і паяння було присвячено доповідь представників Американського зварювального товариства **Н. Коула** (N.C. Cole), **Дж. Вебера** (J.D. Weber), **М. Пфара** (M.P. Pfarr) та **Д. Хернандеза** (D. Hernandez). Сьогодні в глобальному масштабі у світі не вистачає зварників і фахівців у галузі зварювання, і ситуація дедалі ускладнюється ще й тим, що з професії йдуть кваліфіковані й освічені працівники. Жінки, які становлять 50% населення, дуже рідко обирають цей фах. Для подолання зазначеної проблеми в багатьох країнах активно розробляють програми з підвищення іміджу зварювання, підготовки та навчання персоналу. Віртуальне зварювання з використанням комп'ютерного моделювання є одним із методів, покликаних зацікавити молодь і стимулювати інтерес до цієї професії. Деякі компанії використовують віртуальних зварників і зварювальні тренажери для тестування і навіть базової підготовки нових працівників. Доповідачі розповіли про моделі з багатьох напрямів зварювання, що виявилися перспективними для наслідування. Наприклад, програма Weld-Ed охоплює дворічний

модельний курс навчання для коледжів, програму з удосконалення кваліфікації інструкторів і метод, спрямований на поглиблення співпраці між промисловістю і навчальними закладами. Цю нову технологію вже використовують у кількох країнах, зокрема у США, для поліпшення підготовки та освіти. У доповіді було наведено кілька видів технологій, у тому числі навчання в режимі онлайн, а також із застосуванням електронних пристроїв. З набуттям кваліфікації люди мають довести своє професійне вміння, і тут у пригоді стає Програма сертифікації як економічний засіб демонстрації фахових навичок.

Білоруські колеги, чл.-кор. НАН Білорусі **Ю.М. Плескачевський** і проф. **В.А. Ковтун**, розповіли про основи технології електроконтактного спікання наноструктурованих металополімерних покриттів триботехнічного призначення, а також про модельно-теоретичні підходи до оптимізації структурно-технологічних умов цього процесу. Методи комп'ютерного моделювання зон формування порошкових композиційних матеріалів, побудовані на принципах мезомеханічного підходу з використанням структурних моделей, адаптованих до широкого діапазону значень технологічних параметрів і властивостей вихідних компонентів порошкової системи, дають змогу встановити закономірності впливу технологічних факторів і структурних особливостей, а також характеристик вихідних компонентів дисперсних порошкових систем на процеси структуроутворення спечених шарів. При цьому ключове значення має врахування локального впливу теплових факторів і внутрішніх напружень, що виникають у процесі формування покриття.

Великі наземні резервуари для зберігання небезпечних речовин, таких як нафта, нафтопродукти, хімікати й заводські технологічні рідини, широко використовують у всьому світі. Зазвичай резервуарні парки розташовано в прибережних районах, біля великих населених пунктів. Витік зі зруйнованих корозією резервуарів, зокрема з їх донної частини, є серйозною екологічною та економічною проблемою і становить загрозу для людей. Наявний ризик

руйнування резервуарів, який з часом лише зростає, разом з потенційним ризиком пожежі й вибуху на розміщених поблизу нафтохімічних підприємствах є абсолютно неприпустимим. У колективній доповіді фахівців з Британського інституту зварювання, яку виголосив **П. Мудж** (P. Mudge), наведено результати робіт, що виконуються в рамках проекту Комітету технологічної стратегії Великої Британії (ТІМ) з контролю конструкційної цілісності днищ великих наземних резервуарів для зберігання рідин. Розроблена система контролю не потребує доступу до внутрішньої частини резервуара чи його звільнення від вмісту. Вона ґрунтується на використанні спрямованих ультразвукових хвиль і накопиченні даних протягом тривалого часу. Для виявлення дефектів і визначення місця їх розміщення запропоновано також систему формування томографічних зображень.

Доповідь французького вченого д-ра **А. Жарді** (A. Jardy) з Інституту Жана Ламура (Institut Jean Lamour) торкалася питань чисельного моделювання та експериментальних досліджень процесів переплавлення. Чисельне моделювання дозволяє об'єднати локальні умови кристалізації та робочі параметри процесу. Розглянуто останні результати з вивчення розподілу змінного струму при електрошлаковому переплавленні сталей і надміцних сплавів, сукупного руху дуги у вакуумно-дуговій печі, впливу електромагнітного перемішування на макросегрегацію в переплавлених зливках.

Про тенденції розвитку зварювання в Австрії йшлося в доповіді **Н. Ензінгера** (N. Enzinger) і проф. **К. Соммітча** (C. Sommitsch) з Інституту дослідження матеріалів і зварювання у Граці (Institute for Materials Science and Welding). Комерційні фірми і науково-дослідні інститути Австрії співпрацюють у рамках наукових проектів системи COMET K-project JOIN4+, що має бюджет 6,6 млн євро. Фінансування забезпечують усі партнери, австрійський уряд та керівництво провінцій. Нині виконують 8 проектів з двох наукових напрямів.

Доповідь генерального директора Державного наукового центру РФ «ЦНИИТМАШ»

проф. **О.В. Дуба** було присвячено перспективним технологіям створення високонадійних виробів із конструкційних сталей для базових галузей промисловості. Доповідач розглянув основні елементи сучасних комплексних технологій, які забезпечують ефективне отримання матеріалів з новим рівнем властивостей, підкреслив перспективність нових систем легування конструкційних матеріалів для машинобудування з можливістю керування їх первинною кристалічною структурою, механізмами зміцнення та опору крихкому руйнуванню.

Д-р **Я. Окамото** (Y. Okamoto) з Вищої школи природничих наук і технологій Університету Окаями (Японія) виголосив колективну доповідь про основні принципи технології мікрозварювання алюмінієвих сплавів. Поєднання імпульсного Nd:YAG лазера з дією діодного лазера, що генерує в неперервному режимі, забезпечує високоякісне мікрозварювання. При цьому виходить широкий і глибокий валик шва, що вирізняється поліпшеною цілісністю поверхні.

У спільній доповіді болгарських, російських та українських фахівців, яку виголосив д-р **М. Белосєв**, було проаналізовано переваги і недоліки різних технологій з'єднання труб під час будівництва магістральних трубопроводів. Відзначено перевагу контактного зварювання оплавленням порівняно з дуговим, променевим і гібридним способами.

Регулювання залишкових зварювальних напружень — це концепція, згідно з якою для досягнення оптимальних експлуатаційних характеристик зварних конструкцій експериментально й теоретично розглядають і оцінюють три основних етапи процесу: визначення залишкових напружень, аналіз втоми за наявності залишкових напружень і сприятливий розподіл залишкових напружень. У доповіді канадських дослідників **Ю. Кудрявцева** (Yu. Kudryavtsev) і **Я. Клеймана** (Ja. Kleiman) було розглянуто всі три етапи, а також низку нових інженерних інструментів, таких як ультразвуковий комп'ютеризований комплекс для вимірювання залишкових напружень UltraMARS, програмне забезпечення для аналізу впливу



Видання за матеріалами Конференції

залишкових напружень на втомну міцність зварних елементів ReSIST, нова технологія і компактна система UltraReep на її основі для створення сприятливого розподілу залишкових напружень за допомогою ультразвукового ударного оброблення. Було наведено приклади промислового застосування розроблених інженерних інструментів для аналізу залишкових напружень і підвищення втомної міцності зварних елементів.

У доповіді співробітників ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАН України, яку репрезентував д.т.н. **Г.С. Маринський**, було докладно проаналізовано результати досліджень і розроблень Інституту в галузі високочастотного зварювання та споріднених технологій для з'єднання, коагуляції, різання і термічного оброблення живих тканин, а також розглянуто питання розроблення спеціалізованого обладнання та інструментів. Досвід застосування розроблених технологій та

устаткування в практичній хірургії свідчить про їх високу затребуваність — на сьогодні освоєно понад 150 різних хірургічних методик і успішно виконано більш як 100 тис. хірургічних операцій. Наведено дані досліджень особливостей реструктуризації живих тканин і утворення зварного з'єднання під дією високочастотного струму. На основі експериментальних і клінічних даних продемонстровано здатність тканини, що зазнала дії високочастотного зварювання, підтримувати свою життєдіяльність, відновлювати фізіологічні властивості та функції завдяки процесам регенерації. Показано, що процес високочастотного зварювання м'яких біологічних тканин з автоматичним регулюванням забезпечує гарантоване отримання зварного з'єднання в широкому діапазоні властивостей тканин. Особливу увагу було приділено подальшому розвитку цих технологій і обладнання, розширенню сфер їх хірургічного використання, створенню нових багатофункціональних апаратів, що поєднують процеси високочастотного зварювання і конвекційно-інфрачервоного оброблення живих тканин, зокрема автономних мобільних апаратів.

Повні тексти зазначених пленарних доповідей ще до початку роботи Конференції було опубліковано в окремих випусках журналів «Автоматическая сварка» і «The Paton Welding Journal» (№ 10–11, 2013). Тези 185 стендових доповідей видано у вигляді збірника. Зі змістом журналів та збірника можна ознайомитися на сайті видавництва ІЕЗ ім. Є.О. Патона (www.patonpublishinghouse.com). Крім того, було виголошено ще низку пленарних доповідей, які не ввійшли до збірника праць Конференції.

Під час роботи Конференції відбулася низка двосторонніх переговорів, спрямованих на кооперацію та зміцнення співробітництва із зацікавленими партнерами, а також підписано Угоду про співпрацю між Товариством зварників України і Російським науково-технічним зварювальним товариством.