

## СВІТОВИЙ ЛІДЕР ЗВАРЮВАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України — 75 років!

Інститут електрозварювання створений академіком Євгеном Оскаровичем Патоним у складі Всеукраїнської Академії наук (1934) на базі електрозварювальної лабораторії і Електрозварювального комітету. Становлення і вся подальша діяльність Інституту електрозварювання (ІЕЗ) пов'язані з ім'ям цього видатного інженера й ученого. Він визначив основні наукові напрями інституту у сфері технології зварювання і зварних конструкцій, які актуальні й сьогодні.

Є.О. Патон зумів передбачити величезні перспективи розвитку технології електричного зварювання металів — дітища талановитих російських винахідників М.М. Бенардоса і М.Г. Славянова. Переконливим підтвердженням цього наукового передбачення є той незаперечний факт, що сьогодні зварювання — провідний технологічний процес нероз'ємного з'єднання металевих і неметалевих матеріалів у різних умовах і середовищах, зокрема в космічному просторі і Світовому океані.

На першому етапі фахівці інституту довели принципову можливість виготовлення зварних конструкцій, що не поступаються за своєю міцністю й надійністю клепаним, а з низки показників значно їх перевищують. Це заклало основи для масового застосування зварювання в майбутньому. У ці ж роки в інституті було обґрунтовано

наукову гіпотезу про дугове зварювання як металургійний процес, а також під керівництвом Є.О. Патона проведено дослідження з автоматизації дугового зварювання. До 1940 року було завершено розроблення й почато впровадження на заводах країни високопродуктивного процесу зварювання під флюсом.

Вирішального значення набуло автоматичне зварювання під флюсом у роки Великої вітчизняної війни. Безпосередньо в цехах танкового заводу на Уралі співробітники інституту розробили і впровадили технологію автоматичного зварювання броньованої сталі, що дало змогу створити потокове виробництво зварних корпусів танків Т-34 й механізувати зварювання іншої військової техніки. У заводських умовах колектив інституту не припиняв і ґрунтовних наукових досліджень.

Довоєнний і післявоєнний етапи в діяльності інституту — період становлення наукової школи, переконливим підтвердженням авторитету якої стало присвоєння інституту в 1945 р. імені Євгена Оскаровича Патона.

У роки відновлення зруйнованого військового народного господарства зусилля колективу інституту були спрямовані на розширення сфери застосування високопродуктивного автоматичного і механізованого зварювання під флюсом замість ручного,

на раціоналізацію зварних конструкцій та індустріалізацію їх виробництва. Співробітники інституту першими у світі здійснили автоматичне зварювання листових конструкцій безпосередньо при їх складанні.

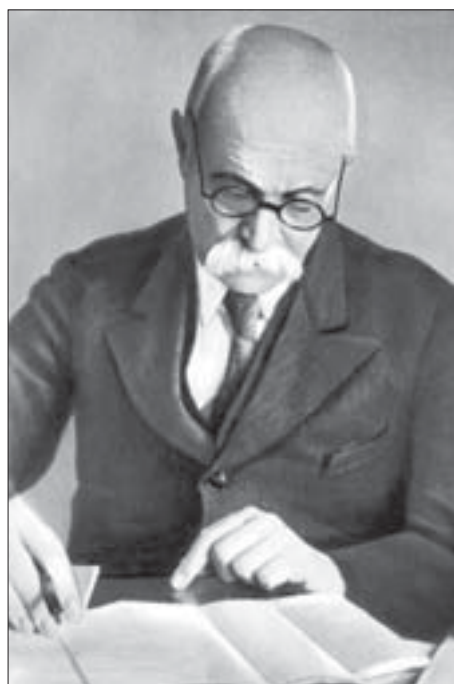
Розширено участь фахівців-зварників у розробленні (разом із металургами) добре зварювальних конструкційних сталей для важливих зварних конструкцій і споруд. Роботи цього періоду позитивно позначилися на темпах післявоєнного відновлення промисловості, розвитку нового сучасного виробництва будівельних металоконструкцій, виробництва високонадійних у зварному виконанні виробів важкого, транспортного, хімічного й енергетичного машинобудування.

Розв'язання основного завдання — підвищення продуктивності й рівня механізації зварювальних робіт — вимагало безперервного розширення в інституті фронту досліджень щодо розроблення нових способів і засобів механізованого зварювання, не скорочуючи, звичайно, робіт з розширення раціонального застосування дугового зварювання під флюсом.

Пошук можливостей зварювання під флюсом швів у різних просторових положеннях завершився створенням під керівництвом Є.О. Патона способу примусового формування зварного шва, що поклало початок механізації дугового зварювання швів на вертикальній площині.

12 серпня 1953 р. вітчизняна й світова наука зазнала важкої втрати — на 84-му році обірвалося життя Євгена Оскаровича Патона, людини, яка вписала яскраву сторінку в історію вітчизняної науки й техніки. Його учні та послідовники, весь колектив інституту гідно продовжили справу, розпочату її засновником. З 1953 р. і дотепер інститут очолює син Євгена Оскаровича, академік Борис Євгенович Патон.

Одним із найзначніших досягнень інституту на початку 1950-х рр. стало створення



Засновник і перший директор Інституту електрозварювання академік Є.О.Патон

нової технології зварювання плавленням металу великої товщини — електрошлакової, що докорінно змінило виробництво важких станин, котлів, гідроагрегатів та інших унікальних зварювально-прокатних і зварювально-литих конструкцій. Її застосування дало змогу одержати у великому діапазоні товщин зварні з'єднання високої якості.

Пізніше, разом із ЦНДІТмаш та іншими установами, було створено спосіб зварювання у вуглекислому газі тонким дротом, який одержав широке застосування в промисловості й забезпечив значний ріст рівня механізації зварювальних робіт. Подальшим розвитком газоелектричного зварювання плавким електродом стало розроблення процесу й обладнання для імпульсно-дугового зварювання, зварювання в сумішах активних та інертних газів.

У цьому слід особливо відзначити важливість робіт зі створення напівавтоматів,

що поступово витіснили, там де це можливо й доцільно, малопродуктивне зварювання штучними електродами.

Наприкінці 50-х рр. в інституті активізуються дослідження у сфері електронно-променевого зварювання. Зусилля вчених були спрямовані на дослідження фізико-металургійних процесів при дії потужного (до 100 кВт) гострофокусного пучка електронів на товстості (150–200 мм) конструкційні матеріали. Особливо важливим завданням, з яким інститут успішно впорався, було розроблення технології замикання кільцевих швів, що забезпечувала відсутність кореневих дефектів у вигляді раковин, пор тощо.

Подальшим етапом розвитку променевої технології було її застосування для зварювання і різання лазером. В інституті тривають систематичні дослідження у сфері імпульсного й безперервного лазерного зварювання. Останнім часом фахівці інституту розробили гібридні джерела нагрівання — лазер-дугу і лазер-плазму.

На всіх етапах діяльності інституту особливу увагу приділяли дослідженню фізичних, хімічних і металознавчих особливостей зварювання металів. Для цих цілей лабораторії інституту оснащено необхідною дослідницькою апаратурою.

В інституті розвинуто дослідження з усіх основних напрямів зварювання під тиском — стиковим контактним оплавленням і опором, точковим зварюванням, тертям, дифузійним зварюванням.

Вивчено фізичні й технологічні особливості нових технологічних процесів контактного зварювання оплавленням, створено системи автоматичного управління та діагностики якості з'єднань. На базі нових технологій розроблено й освоєно виробництво кількох поколінь спеціалізованих і універсальних машин для контактного стикового зварювання деталей широкого асортименту з низьколегованих і високоміцних

сталей із площею поперечного перерізу до 200 тис. мм<sup>2</sup>, а також сплавів алюмінію, титану, хрому, міді. Найбільш масове застосування знайшли машини для зварювання рейок різних категорій у польових і стаціонарних умовах, машини для зварювання труб діаметром від 150 до 1420 мм при будівництві магістральних трубопроводів, установки для зварювання елементів конструкцій аерокосмічної техніки. Обладнання для контактного зварювання рейок експортують до багатьох країн світу.

На основі застосування енергії вибуху створено нові способи зварювання, різання, плакування й оброблення зварних з'єднань. Зварювання й різання вибухом можна здійснювати і в польових умовах, де складно застосувати громіздке зварювальне обладнання.

Протягом багатьох років інститут проводить дослідження із зварювання в космосі. У 1969 р. на борту космічного корабля «Союз-6» льотчик-космонавт В.М. Кубасов першим у світі здійснив унікальний експеримент зі зварювання електронним променем, плазмою та плавким електродом (на установці «Вулкан», створеній в ІЕЗ). Так було започатковано технологію, яка має велике значення в програмі освоєння космічного простору. У 1984 році проведено надзвичайно важливий, підготовлений ІЕЗ, експеримент на борту орбітальної станції у відкритому космосі. Космонавти С. Савицька і В. Джанібєков уперше у відкритому космосі за допомогою ручного електронно-променевого інструмента (УРІ) виконали процеси зварювання, паяння, різання і напилення. Період з 1985-го до 2000-го років характеризується ростом обсягу робіт, виконаних у космосі. Тривали також роботи з нанесення покриттів і зварювання металів, проведено комплексні експерименти з розкриття 12-метрової фермової конструкції, що супроводжувалися зварюванням і паянням її окремих вузлів за допомогою УРІ,



Директор ІЕЗ академік Б. Є. Патон зустрічається з льотчиками-космонавтами С. Є. Савицькою і В. О. Джанібековим в Інституті електрозварювання ім. Є. О. Патона. 1984 р.

розкрито дві 15-метрові фермові конструкції, що були опорною основою багаторазових сонячних батарей технологічного модуля, пристикованого до орбітальної станції «Мир».

В інституті працюють і над розв'язанням іншої складної проблеми — механізації дугового зварювання під водою, яка набула актуальності у зв'язку з освоєнням прибережного шельфу Світового океану. Фахівці інституту створили обладнання для механізованого дугового зварювання й різання спеціальним порошковим дротом на глибинах до 60 м і успішно розвивають дослідження в цьому напрямі, а також здійснюють зварювання на великих глибинах.

Основне значення мають систематичні дослідження інституту в галузі фізико-металургійних особливостей зварювання різних металів і сплавів плавленням: вивчено процеси кристалізації металу шва,

встановлено природу його структурної і хімічної неоднорідності, розкрито механізм поро- і тріщиноутворення, знайдено засоби боротьби з ними. Результати цих досліджень багато в чому стали вагомою теоретичною базою для створення й удосконалення різного типу зварювальних і наплавлюваних матеріалів.

Інтенсивний розвиток сучасної техніки супроводжується постійним розширенням асортименту конструкційних металів і сплавів для зварних конструкцій. У ході досліджень з вивчення процесів, що відбуваються у зварювальній ванні, створено нові зварювальні матеріали, електроди, порошкові дроти, флюси, газові суміші.

У зв'язку із зростанням обсягів застосування пластмас, як конструкційного матеріалу, в інституті розгорнуто дослідження з їх зварювання, насамперед пластмасових труб. До цього напрямку належать роботи зі склеювання різних матеріалів.

Експериментально-теоретичні дослідження й наукові розроблення у сфері міцності зварних з'єднань і конструкцій становлять традиційний розділ у тематиці інституту, початок яким поклав ще Є.О. Патон. Сьогодні це вже багатопланові дослідження, для їх проведення використовують сучасне лабораторно-випробувальне обладнання паралельно з проведенням унікальних натурних експериментів і комп'ютерним моделюванням. Це дає змогу розробляти нові ефективні методи підвищення надійності важливих інженерних споруджень при статичному і циклічному навантаженні, а також установлювати розрахунково-конструктивні принципи забезпечення заданих службових властивостей зварних з'єднань. Проблема створення надійних зварних конструкцій охоплює також питання вибору матеріалів, раціональних конструктивних рішень, технології виготовлення й складання, зниження металоемності, які інститут успішно розв'язує у співпраці з багатьма галузевими організаціями та підприємствами. Останнім часом тривають інтенсивні роботи з підвищення надійності, довговічності й ресурсу зварних конструкцій, а також зі створення ефективних способів їх діагностики.

Інститут не обмежується дослідженнями у сфері металевих матеріалів, його співробітників цікавлять і проблеми зварювання полімерів, а також виробів із них. В останні роки з'явився ще один напрям — зварювання м'яких тканин живих організмів, завдяки якому зроблено вагомий внесок у теоретичне обґрунтування процесів зварювання живої тканини, а також у розроблення відповідного зварювального обладнання й створення досконалих хірургічних інструментів для конкретних органів людини, які підлягають зварюванню. Робота, виконана колективом авторів інституту в тісній співпраці з хірургами, відкриває нові можливості для впровадження хірургічних технологій.

З початку 1950-х років з ініціативи академіка Б.Є. Патона в інституті розгорнуто дослідження та розроблення з виявлення можливості використання зварювальних джерел нагрівання з метою одержання металів і сплавів особливо високої якості й надійності, на основі яких сформувався другий важливий науковий напрям у діяльності інституту — спеціальна електрометалургія. Зусилля й успіхи колективу в цій новій галузі забезпечили помітний прогрес у розвитку сучасної якісної металургії.

До числа нових електрометалургійних процесів слід віднести насамперед електрошлаковий переплав витратного електрода у водоохолоджувальну виливницю. Фундаментальні дослідження сутності електрошлакового процесу, його фізико-хімічних, металургійних і електротехнічних особливостей забезпечили передові позиції інституту в розробленні й застосуванні електрошлакової технології наплавлення, лиття, підживлення та ін.

В останні роки в інституті виконано комплекс науково-дослідних робіт, що заклали підґрунтя для розроблення нового покоління електрошлакових технологій, заснованих на одержанні зливків і заготовок безпосередньо з рідкого металу без переплаву витратних електродів. Ці технології запатентовані в Україні і за кордоном, впроваджені в промисловості. Зокрема, на Ново-Краматорському машинобудівному заводі на основі цих технологій створено унікальний комплекс з виробництва біметалевих прокатних валків світового рівня.

В інституті створено ще дві електрометалургійні технології: плазмово-дугову та електронно-променеву.

Розроблення техніки й технології цих переплавних процесів відбувалося паралельно з фундаментальними дослідженнями фізико-металургійних особливостей рафінування в контрольованій атмосфері або



вакуумі та процесів кристалізації сталей, складнолегованих сплавів, кольорових і тугоплавких металів.

Спільними зусиллями вчених інституту, галузевих наукових установ і промисловців створено досконалу електронно-променеву техніку, а технологія електронно-променевого плавлення у вакуумі стала незамінним процесом одержання особливо якісних матеріалів у металургії й машинобудуванні. Сьогодні роботи в цьому напрямі сконцентровані в створеному при інституті науково-інженерному центрі «Титан», що виконує замовлення як для підприємств України, так і для закордонних компаній.

Дослідження процесу випаровування у вакуумі металевих і неметалевих матеріалів та їх подальшої конденсації як основи парофазної металургії відкрили можливість одержання покриттів із різних матеріалів, зокрема жаростійких, тугоплавких та композиційних, дали змогу регулювати склад, структуру й властивості осаджених шарів. Товщину нанесених покриттів, залежно від призначення, регулюють від десятка мікронів до декількох міліметрів.

З 80-х рр. ХХ ст. в інституті започатковано новий науковий напрям — комплексні дослідження зі створення нових і вдосконалення наявних технологічних процесів термічного нанесення захисних і зносостійких покриттів. Сьогодні інститут розвиває здебільшого всі сучасні процеси нанесення захисних і зміцнювальних покриттів. Розроблено технологію й установки для плазово-дугового напилення зносостійких покриттів, а також установки для детонаційного напилення, які можна експлуатувати, застосовуючи різні робочі гази (ацетилен, пропан, водень).

На всіх етапах діяльності інституту одним із його основних завдань є розроблення обладнання для механізації процесів зварювання та наплавлення з метою заміни ручної праці зварника. Основні принци-

пи побудови зварювальних установок, закладені ще Є.О. Патонем, плідно розвиває колектив конструкторів ДКТБ інституту, враховуючи нові тенденції розвитку зварювального й металургійного виробництва.

Значну увагу в інституті приділяють створенню й широкому застосуванню автоматичного управління та регулювання технологічними процесами зварювання, спецелектрометалургії та напилення з використанням сучасної електронно-обчислювальної техніки. Основою для цих розробок стали фундаментальні дослідження конкретних технологічних процесів як об'єктів управління. Перші дослідження в цьому напрямі розпочав Б.Є. Патон ще під час Великої вітчизняної війни й успішно розвиває їх і нині разом із науковцями Інституту електрозварювання.

Значний внесок у творчі успіхи колективу інституту належить науковим підрозділам і співробітникам, які ведуть математичні дослідження, створюють нові методи сучасних фізичних і хімічних досліджень, розробляють інформаційні системи, банки даних й експертні системи, здійснюють прогнозування та систематичний аналіз економічних аспектів розвитку зварювальної науки й техніки.

Завдяки поєднанню цілеспрямованих фундаментальних теоретичних досліджень з інженерно-прикладними розробленнями, тісним творчим зв'язкам із промисловими підприємствами в реалізації технологічних нововведень інститут за 75 років своєї діяльності перетворився на найбільший у країні і світі науково-дослідний центр у сфері зварювання та споріднених технологій.

Сьогодні Інститут електрозварювання є науково-технічним комплексом, куди входять дослідне конструкторсько-технологічне бюро, експериментальне виробництво, три дослідні заводи, низка інженерних центрів.

У всіх його підрозділах плідно працює близько 3050 осіб, із них власне в інституті – 1650 осіб. Науковий потенціал інституту формують 440 наукових співробітників, серед яких 8 академіків і 7 членів-кореспондентів, 76 докторів наук і більше як 200 кандидатів наук.

Діяльність інституту і госпрозрахункових підрозділів чітко скоординована й повністю зорієнтована на спільне розв'язання завдань із основних наукових напрямів.

Активною є особиста участь учених інституту в практичній реалізації своїх розробок. За минулі 75 років інститут довів правильність своєї орієнтації на цілеспрямовані фундаментальні дослідження, що підвищують значущість їхніх результатів у впроваджуваних розробках. В активі вчених інституту унікальні результати пізнання фізики дугового розряду і низькотемпературної плазми, властивостей потужних гостросфокусованих пучків електронів, природи плавлення, випаровування, кристалізації й конденсації металів, фізико-хімічних і теплофізичних процесів зварювання та рафінування переплавів, міцності й надійності зварних з'єднань і конструкцій.

Результати цих робіт підтверджені ліцензіями й отриманими патентами. Інститут реалізував понад 150 ліцензій у США, Німеччині, Японії, Росії, Швеції, Франції, Китаї тощо. Одержано близько 2600 патентів України, Росії і далекого зарубіжжя, а також понад 6500 авторських свідоцтв.

За роки діяльності інституту більше як 60 найзначніших розроблень, виконаних і впроваджених у народне господарство співробітниками інституту у співпраці з виробничими колективами, визнані гідними Ленінських, Державних та інших премій України.

Реалізація перспективних наукових розробок та інноваційних проектів інституту здійснюється також через створений при

ІЕЗ «Технологічний парк», до складу якого входять понад 30 наукових організацій, підприємств, інженерних центрів і дослідних заводів, які спеціалізуються у сфері зварювання та споріднених технологій. Серед них такі відомі виробники зварювального обладнання, як «КЗЕЗО» і «СЕЛМА».

Одним із основних напрямів діяльності інституту є підготовка наукових та інженерних кадрів. Підготовка кандидатів і докторів технічних наук здійснюється через докторантуру й аспірантуру. При інституті працює спеціалізована рада із захисту докторських і кандидатських дисертацій із проблем зварювання, спецелектрометалургії та діагностики матеріалів і конструкцій.

Інженерних працівників Інститут готує разом із НТУУ «Київський політехнічний інститут». Учені Інституту електрозварювання читають студентам оглядові курси й керують цільовою підготовкою магістрів. Науково-виробничу й дипломну практику студенти проходять у наукових відділах і лабораторіях інституту.

Інженерів-фізиків та математиків із спеціалізацією у сфері зварювання й спецелектрометалургії готують на кафедрі фізичної металургії та матеріалознавства Київського відділення МФТІ, що організована на базі ІЕЗ.

Професійно-технічну підготовку й перепідготовку фахівців зварювального виробництва здійснюють у навчальному центрі інституту. Система навчання в центрі досить гнучка. Структура навчальних програм передбачає очну як групову, так й індивідуальну підготовку слухачів курсів. Навчання проводять за національними та європейськими стандартами. Слухачі спеціальних курсів отримують відповідний сертифікат.

На базі інституту, що має унікальний науковий і кадровий потенціал, добре оснащено випробувальні лабораторії, створено центр сертифікації продукції зварю-

вального виробництва, акредитований як орган сертифікації «СЕПРОЗ». Сьогодні Центр проводить роботу з удосконалення української системи стандартизації та сертифікації відповідно до міжнародних норм і правил.

Інститут підтримує широкі міжнародні зв'язки з провідними зварювальними центрами в Європі, США, Азії, є членом Міжнародного інституту зварювання і Європейської зварювальної федерації. На базі інституту діє Міждержавна наукова рада зі зварювання й споріднених технологій країн СНД, Міжнародна асоціація «Зварювання» й Міжнародне об'єднання «Інтерм».

Результати досліджень учені інституту постійно публікують у журналах «Автоматическая сварка», «Техническая диагностика и неразрушающий контроль», «Современная электрометаллургия», «Сварщик». Крім того, інститут видає журнали англійською мовою — «The Paton Welding Journal» і «Advances in Special Elettrometallurgy». В

інституті виходять монографії, довідники та інша книжкова продукція.

Інститут електрозварювання проводить різні конференції та семінари, організовує національні й міжнародні виставки.

За минулі 75 років колектив інституту пройшов славний шлях. Сьогодні — це колектив одностудців, який примножує успіхи Патонівської школи, що має світове визнання.

Інститут росте і розвивається, удосконалюються його структура і система управління — усе це спрямовано на подальший розвиток зварювання і споріднених процесів, а також на розв'язання базових проблем економіки промислового виробництва.

**Леонід КИРЕЄВ,**  
**учений секретар**  
**Інституту електрозварювання**  
**ім. Є.О. Патона НАН України,**  
**Олександр БАБАЄВ,**  
**старший науковий співробітник**  
**цього інституту (Київ)**