

Б. Є. Патон

Зварювання

ЗВАРЮВАННЯ – створення монолітного нероз’ємного з’єднання твердих матеріалів шляхом місцевого сплавлення, стиснення або спільного сплавлення та стиснення, що супроводжується утворенням міцних атомних або молекулярних зв’язків. Сучасне З. є розвиненою системою технологій з’єднання різноманіт. матеріалів і виготовлення [зварних конструкцій](#) за допомогою відповід. [зварювального устаткування](#) та [зварювальних матеріалів](#). Серед пром. технологій одержання нероз’єм. з’єднань за обсягом виробництва та номенклатурою виробів З. посідає 1-е місце. З. з’єднують майже всі метали та сплави, скло, пластмаси тощо. Розрізняють [зварювання плавленням](#) ([газове зварювання](#), [дугове зварювання](#), [електрошлакове зварювання](#), [електронно-променеве зварювання](#), [лазерне зварювання](#)) і [зварювання тиском](#) ([контактне зварювання](#), [дифузійне зварювання](#), [холодне зварювання](#), [зварювання тертям](#), [зварювання вибухом](#), [ультразвукове зварювання](#)). Див. також [автоматичне зварювання](#), [аргоно-дугове зварювання](#), [зварювання в захисних газах](#), [зварювання в космосі](#), [зварювання в медицині](#), [зварювання під водою](#), [зварювання пластмас](#), [плазмове зварювання](#), [променеве зварювання](#), [термітне зварювання](#). Під час З. плавленням з’єднувані кромки розплавляють, створюючи між ними спіл. масу рідкого матеріалу, яка в процесі затвердіння утворює суціль. звар. шов. При З. тиском з’єднувані частини виробів піддають пластич. деформуванню (стискають). Для полегшення процесу з’єднання при деяких способах кромки нагрівають до пластич. стану або оплавлення. За видом використовуваної енергії розрізняють З. хім. (газове, термітне), дугове (аргоно-дугове, під флюсом), електрошлак., мех. (напр., тертям), променеве (електронно-променеве, лазерне, геліозварювання), гібридне (напр., при одночас. дії дугового і лазер. або газового і дугового нагрівання); за видом використовуваного технол. зварювал. устаткування – ручне, механіз., автоматичне та роботизоване; за способом захисту розплавленого металу й звар. шва від шкідливого впливу довкілля – із застосуванням флюсів, газів, вакууму, паст, твердих покриттів. До зварювал. виробництва належать також суміжні процеси: *наплавлення, паяння, напилення, склеювання* тощо. Серед протилежних з’єднанню процесів, які базуються на застосуванні подібних до зварювал. джерел енергії, – термічне (газове, плазмове-дугове, електронно-променеве, лазерне), вибухове та ін. *різання*. Допоміжні процеси зварювал. виробництва: оцінювання якості звар. з’єднання, його розмірів, наявності внутр. дефектів

за допомогою акустич., радіац., магніт. та ін. полів; заготівел. процеси; виправлення дефектів. Напрями дослідж. проблем З. та споріднених технологій: фіз. особливості джерел енергії; [зварюваність матеріалів](#); технології З. металів і неметалів; зварні конструкції; зварювал. устаткування; зварювал. матеріали; технології та матеріали для паяння, наплавлення та нанесення покриттів; експлуатац. ресурс конструкцій, неруйнів. контроль якості з'єднань; санітарія; екологія; економіка зварювал. виробництва.

Найпростіші види З. виникли кілька тисяч років тому з початком виробництва та оброблення металів. Ковал., або горнове, та ливарне З., а також паяння використовували для виготовлення зброї, реманенту та прикрас із міді, бронзи, свинцю, дорогоцін. металів. Від 2-го тис. до н. е. за допомогою ковал. З. виготовляли залізо. Високої якості з'єднань досягли майстри скіф., алан. та ін. племен, що мешкали на тер. сучас. України, пізніше – племена слов'ян. У подальшому осн. процесом нероз'єм. з'єднання деталей метал. конструкцій майже до кін. 19 ст. було [клепання](#).

Принципи дугового З. закладено 1881 вітчизн. винахідником [М. Бенардосом](#). Перший спосіб контакт. З. винайдено 1867 амер. вченим Е. Томсоном. Зусиллями винахідників низки країн уже наприкінці 19 ст. розпочато їх удосконалення, здійснено перші способи газового З. і різання, терміт. З. В Україні на поч. 20 ст. З. запровадили у залізнич. депо, трамвай. парках, на суднобуд., маш.-буд. і металокопиркцій заводах. З. використано під час будівництва 1927–32 Дніпрогесу в Запоріжжі. 1925 у Дніпроп. гірн. інституті розпочато н.-д. роботи зі З. і підготовку інж.-зварників. 1929 у Києві при Каф. інж. споруд ВУАН *Є. Патон* створив електрозварювал. лаб., на базі якої та Електрозварювал. комітету ВУАН (засн. 1930) у 1934 виник Інститут електрозварювання ВУАН. *Є. Патон* визначив осн. наук. напрями З., які й донині не втратили своєї актуальності. Гол. значення дослідж. 1930-х рр. полягає у ствердженні принципової можливості створення високоякіс. звар. конструкцій, які за міцністю не поступаються клепаним, а за багатьма показниками навіть перевершують їх. Щодо економії металу, трудомісткості виготовлення, експлуатац. та ін. показників у цей період на конкрет. прикладах доведено фахівцями низки країн ефективність застосування саме звар. конструкцій. Укр. вченими у довоєн. період створ. рац. зварні конструкції залізнич. вагонів, котлів, суден, елементів звар. мостів тощо. 1937–41 сформовано уявлення про дугове З. як металург. процес, знайдено окремі підходи до розв'язання проблем боротьби з тріщинами та порами у наплавленому металі. 1939–40 *Є. Патон* разом із групою співробітників розробив наук. основи вітчизн. способу автомат. З. під флюсом, створив спец. зварювал. устаткування для нього. Під час Великої Вітчизн. війни Інститут електрозварювання АН УРСР евакуйовано на Урал у м. Нижній Тагіл, де він розгорнув роботу безпосередньо в цехах «Уралвагонзаводу». Туди вивезено й устаткування танк. заводу з Харкова. У воєнні роки під керівництвом *Є. Патона* вперше у світі розроблено та освоєно автомат. З. броньових сталей, що значно прискорило виробництво танків та ін. військ. техніки; вивчено процеси, що відбуваються в потуж. зварювал. дузі; створ. перші

напівавтомати для зварювання під флюсом. У перші повоєнні роки розгорнуто широке впровадження автомат. і механіз. зварювання у судно-, резервуаро-, котло-, мостобудуванні; технологію дугового наплавлення металів у захис. газах і під флюсом – для ремонту й виготовлення нових деталей. Значне місце посідали дослідж., спрямовані на створення технології зварювання легованих сталей, алюмінію, титану та їх сплавів; розроблення нових зварювал. матеріалів і устаткування, джерел живлення й систем автомат. керування. У 1950-х рр. в Україні вперше в світі створ. метод з'єднання металу великої товщини за один прохід – електрошлак. зварювання; розроблено контактне зварювання неповорот. стиків труб великого діаметра та залізнич. рейок; із застосуванням автомат. зварювання під флюсом технології виготовлення резервуарів, які транспортують у згорнутому вигляді, а розгортають безпосередньо на місці експлуатації. Прикладом успіш. застосування зварювання під флюсом у пром. масштабах стало спорудження 1953 суцільнозвар. моста ім. Є. Патона через Дніпро у Києві. З метою створення високоякіс. з'єднання матеріалів у деяких закладах України виконано фундам. дослідж. фіз.-хім. процесів і техніки дугового зварювання. Заг. визнання у світі отримали нові технології зварювання та матеріалів для атом. енергетики, хім. промисловості, кріоген. техніки. Серед числен. дослідж. укр. вчених значне місце відведено вивченню металург. властивостей зварювання плавленням надчистих і легованих сталей. У Інституті електрозварювання вперше у світі розроблено устаткування та технологію дугового автомат. зварювання під флюсом вертикал. швів; спільно з працівниками Центр. НДІ важкого машинобудування (Москва), Моск. тех. університету створ. технологію дугового зварювання у вуглекислому газі; дводуг. зварювання в одну ванну, гами спец. електродів і порошк. дротів для дугового зварювання. 1960–90 вченими України отримано унікал. результати у галузі фізики дугового розряду та низькотемператур. плазми, потуж. гострофокус. пучків електронів і систем їх управління, плавлення та кристалізації металів; теплофізики та фізико-хімії рафінов. електропереплавів; випаровування та конденсації матеріалів у вакуумі, а також фізики твердого тіла. Вони стали теор. основою для вирішення широкого кола приклад. наук.-тех. проблем. Їх реалізовано при удосконаленні зварювання плавленням і тиском; нанесення захис. та функціон. покриттів; при розробленні номенклатури високоякіс. зварювал. і наплавлювал. матеріалів, екон. припоїв; оригін. джерел живлення та комп'ютер. систем керування; при створенні косміч. технологій плавлення та нанесення покриттів; механіз. дугового та контакт. зварювання під водою, променевих і плазм. технологій різання та ін. Створ. устаткування і технології електронно-променевого, лазер., дифуз., тертям, вибухом та деякі ін. види зварювання. Серед досягнень наступ. етапу розвитку зварювання та родин. і суміж. технологій – розроблення методів підвищення надійності та довговічності звар. конструкцій, що працюють при високих і низьких т-рах; створення парофаз. електронно-променевої технології одержання матеріалів з особливими властивостями; виробництво металу електрошлак., плазм. та електронно-променевим переплавленням, лиття деталей тощо. Досягнення зварювання сприяли бурхливому розвитку промисловості, транспорту, будівництва. Розроблення Інституту електрозварювання НАНУ, низки н.-д. установ, завод. лаб. і лаб. ВНЗів використано при створенні нових зразків авіац. та косміч. техніки, танків, військ.

суден, назем. швидкіс. транспорту з високоміц. сплавів; виготовленні устаткування хім. та енергет. галузей із сплавів титану, молібдену, ніобію та ін.; елементів електрон. техніки; буд-ві магістрал. трубопроводів, мор. споруд, мостів нового покоління із розрахунк. ресурсом 100 р. тощо. Піонерськими також були дослідж., що довели на основі автомат. аналізу принцип. можливість оператив. одержання при обмеженій кількості інформації висновку про якість звар. з'єднання, виконаного контакт. З. У напрямі оптимізації перетворення енергії при З. укр. науковці виконали низку дослідж. статич. і динаміч. характеристик, що сприяло створенню джерел живлення нових типів. Протягом понад 60-ти р. у н.-д. установах і ВНЗ України вивчають фіз.-металург. процеси З. кольор. металів і сплавів, розробляють нові високоміцні алюмінієві сплави, ефективні зварювал. матеріали та способи З. плавленням відповідал. конструкцій з високоміц. легких сплавів і композит. матеріалів. Наприкінці 1970-х рр. винайдено мікроплазм. З. та імпульсно-дугове в захис. середовищах. Розвитку науки про З. сприяли теор. роботи з проблем моделювання процесів З., використання матем. моделей. 1969 уперше у світі на борту косміч. корабля «Союз-6» виконано електронно-променеве та дугове З. на установці «Вулкан», створеній в Інституті електрозварювання АН УРСР. Відтоді в Україні продовжують успішно розробляти нові технології та устаткування для роботи у космосі, зокрема створ. устаткування для терміч. випаровування та конденсацій; універсал. ручний електронно-променевий інструмент для З., різання, паяння та напилення. 1975 на орбітал. станції «Салют-4» виконано напилення поверхні телескопа; 1979–81 на станції «Салют-6» отримано 180 зразків нових покриттів. 1984 на н.-д. орбітал. комплексі «Салют-7» космонавти С. Савицька та В. Джанібеков випробували універсал. ручний електронно-променевий інструмент у відкритому космосі. Вперше у світі на орбітал. комплексі «Мир» проведено комплекс наук. і приклад. дослідж. динаміч. характеристик великогабарит. косміч. конструкцій (у процесі згортання та розгортання двох соняч. батарей багатораз. використання). У 1960-х рр. в Інституті електрозварювання АН УРСР започатк. розроблення зварювал. матеріалів і технол. процесів створення звар. конструкцій з титан. сплавів. Сучасні укр. технології не мають світ. аналогів і дозволяють виконувати З. плавленням елементів конструкцій з титану товщиною 0,8–1000 мм. За допомогою нових технологій З. тиском можна одержувати високонадійні з'єднання титан. сплавів з ін. конструкц. матеріалами. Розширення функціон. можливостей роботів дозволяє автоматизувати найрізноманітніші технол. процеси, підвищувати надійність зварювал. конструкцій та сприяє широкому впровадженню З. у виробництво. Без широкого впровадження різноманіт. технологій З., нанесення покриттів не можуть бути вирішені також проблеми освоєння гідросфери. Першу технологію й електроди для ручного дугового З. під водою застосовували у низці країн під час 2-ї світової війни. Відповідно до сучас. вимог укр. фахівці розробляють нові способи З., спец. порошк. дроти і устаткування для дугового З. та різання під водою.

Розвиток З. ще від поч. 19 ст. взаємопов'язаний зі створенням різноманіт. зварювал. устаткування, зокрема джерел живлення, механізмів подавання зварювал. матеріалів, переміщення пальників, формуючих пристроїв, апаратів керування тощо. Перші вдалі конструкції електрозварювал. устаткування винайшов М. Бенардос. У складі електрозварювал. лаб. при Каф. інж. споруд ВУАН Є. Патон створив спец. конструктор. групу, 1959 у Інституті електрозварювання АН УРСР відкрито дослідно-конструктор.-технол. бюро.

Першу в Україні каф. зварювал. виробництва засн. 1935 у Київ. політех. інституті (нині Нац. тех. університет України «Київ. політех. інститут»). При Інституті електрозварювання НАНУ на базі зварювал. факультету Нац. тех. університету України «Київ. політех. інститут» функціонують Міжгалуз. учбово-консультац. центр (засн. 1977) та Укр. атестац. комітет зварників (1994). На базі Інституту електрозварювання НАНУ від 1990 діє Товариство неруйнів. контролю та тех. діагностики, яке об'єднує провід. фахівців України у галузі контролю якості звар. з'єднань. Ф-т зварювання Нац. тех. університету України «Київ. політех. інститут» співпрацює в галузі підготовки фахівців з Університетом Лас-Вільянс (Куба), Інститутом зварювання та променевої технології Магдебур. університету (Німеччина). Підготовку інженерів-фізиків і математиків за спеціалізацією в галузі З. і спецелектрометалургії здійснюють на каф. фіз. металургії та матеріалознавства Моск. фіз.-тех. інституту, яку організовано при Інституті електрозварювання НАНУ. 1946 у Маріуп. металург. інституті (нині Приазов. тех. університет) створ. каф. зварювал. виробництва, 1971 – зварювал. ф-т. В Україні фахівців зі З. готують також на спеціаліз. кафедрах Донбас. маш.-буд. академії (м. Краматорськ Донец. обл.), Черніг. технол. університету, Нац. університету «Львівська політехніка», Дніпродзерж. тех. університету (Дніпроп. обл.), Запоріз. тех. університету, Нац. університету кораблебудування (Миколаїв), Івано-Фр. тех. університету нафти і газу, Терноп. тех. університету, Укр. інж.-пед. академії (Харків). В Україні функціонує низка училищ, де навч. майбутні зварники та дефектоскопісти. Молодших спеціалістів-техніків готують у декількох коледжах і технікумах, зокрема Дніпроп. технікумі зварювання та електроніки. Винаходи укр. фахівців у галузі З. і споріднених технологій захищені десятками тисяч автор. свідоцтв СРСР, патентів України та зарубіж. країн. Ліцензії на створ. в Україні технол. процеси, матеріали й устаткування у різний час придбано фірмами США, Великої Британії, Франції, Японії, Китаю, Канади та ін. Укр. зварювал. устаткування відзначено низкою міжнар. нагород, зокрема 1958 Гран-Прі на Міжнар. виставці в Брюсселі (для електрошлак. З.). Укр. вчені беруть участь у низці міжнар. проектів. Серед фахових укр. період. видань – [«Автоматическая сварка»](#), «Сварщик».

Рекомендована література

1. Матійко М. М. Розвиток дугового електрозварювання на Україні. К., 1960;
2. Патон Є. О. Вибрані праці. К., 1970;

3. Технология электрошлаковой сварки плавлением. Москва, 1974;
4. Кучук-Яценко С. И., Лебедев В. К. Контактная стыковая сварка непрерывным оплавлением. К., 1976;
5. Микроплазменная сварка. К., 1979;
6. Сварка в СССР: В 2 т. Москва, 1981;
7. Развитие электродуговой сварки и резки металлов в СССР. К., 1982;
8. Сварка и специальная электрометаллургия: Сб. науч. тр. К., 1984;
9. Патон Б. Е. Наука, техника, прогресс. Москва, 1987;
10. Патон Б. Е. Электросварка, сварные конструкции и сварочное производство. К., 1990;
11. Космос: Технологии, материаловедение, конструкции: Сб. науч. тр. К., 2000;
12. Патон Б. Е. Электрическая сварка мягких тканей в хирургии // АС. 2004. № 9;
13. Корниенко А. Н. История сварки. К., 2004;
14. Махненко В. И. Ресурс безопасной эксплуатации сварных соединений и узлов современных конструкций. К., 2006;
15. Ющенко К. А., Борисов Ю. С. Інженерія поверхні. К., 2007;
16. Недосека А. Я. Основы расчета и диагностики сварных конструкций. К., 2008.

Бібліографічний опис:

Зварювання / Б. Є. Патон // Енциклопедія Сучасної України [Електронний ресурс] / Редкол.: І. М. Дзюба, А. І. Жуковський, М. Г. Железняк [та ін.] ; НАН України, НТШ. – К. : Інститут енциклопедичних досліджень НАН України, 2010. – Режим доступу: <https://esu.com.ua/article-16593>

2001-2025 © Ця енциклопедична стаття захищена авторським правом згідно з чинним законодавством України ([докладніше](#)).