

## Тема 5. Способи підвищення ефективного використання конструкційних матеріалів в галузях промисловості

Історично склалось так, що до середини ХХ ст. у науковому світі поняття «матеріалознавство» повністю асоціювалось з поняттям «металознавство». Починаючи з 1960-х років ця галузь науки суттєво розширилась і включає значно ширший спектр досліджуваних матеріалів, у тому числі метали та їх сплави, що зберегли свою провідну роль як конструкційні матеріали, кераміку, полімерні матеріали, композиційні матеріали, скло, напівпровідникові матеріали, магнітні матеріали, біоматеріали, органічні матеріали.

### Металургія та металознавство



Твердосплавні пластинки для різального інструменту, виготовлені методами порошкової металургії

До головних напрямів розвитку металургії та металознавства, як її наукового базису, на сучасному етапі належать:

- удосконалення технологій отримання металів та виробів з них (безперервне розливання сталі, електрометалургійні технології, направлена кристалізація, модифікування поверхні сталі лазерним обробленням, плазмохімічне легування, іонна імплантація поверхні, порошкова металургія тощо);
- підвищення міцності, зносостійкості та корозійної тривкості сталей при високих тисках і температурах;
- створення комплексно-легованих сплавів з мінімальним вмістом дефіцитних металів та дешевих жаротривких сплавів на основі алюмінатів заліза і нікелю;
- отримання нових металевих матеріалів (надчисті метали, аморфні магнітні сплави, корозіє тривкі біологічно сумісні сплави, сплави з пам'яттю форми тощо).

### Створення та використання полімерних матеріалів

Важливими показниками науково-технічного прогресу у багатьох галузях є рівень і темпи зростання виробництва та використання полімерних матеріалів, їх номенклатура та якість. Становлення науки про полімери тісно пов'язане з прикладними аспектами їх використання. Дослідження, які проводились у середині ХІХ ст. були в основному спрямовані на модифікування природних полімерів з метою надання їм потрібних властивостей за рахунок хімічних реакції природних речовин з низькомолекулярними сполуками; найважливішими досягненнями у цьому напрямі є відкриття вулканізації натурального каучуку у 1839 році Ч. Гуд'їром (США) та у 1843 Т. Генкоком<sup>[en]</sup> (Велика Британія) та отримання на початку 1830-х років нітроцелюлози (згодом волокна і пластмаси на її основі). Наукові уявлення про будову полімерів виникли після створення О. М. Бутлеровим теорії хімічної будови, яка лежить в основі сучасної органічної хімії та отримали розвиток у фундаментальних працях Г. Шаудінгера.

Після синтезу у 1908 році твердої термореактивної смоли (американський хімік Л. Бакеланд), а у 1938—1939 — нейлону (Воллес Карозерс) розпочався революційний прорив у полімерному матеріалознавстві. Дослідження К. Ціглера і Дж. Натти (відкриття у 1954-му металокомплексного каталізу) мали не лише видатне наукове значення, але й привели до нового і простого шляху отримання одного з найважливіших промислових полімерів — поліетилену та синтезу стереорегулярних полі- $\alpha$ -олефінів, зокрема поліпропілену.

Застосування полімерних матеріалів дозволяє суттєво знизити металомісткість і вагу конструкційних матеріалів, що використовуються у машинобудування та будівництві. Серед конструкційних пластмас слід назвати поліаміди, полікарбонати, поліфеніленоксиди, поліакрилати та ін. Найперспективнішим напрямом розвитку є розробка термостійких (до 500 °С) полімерів, термопластичних зносостійких поліуретанів з високим модулем

еластичності, біополімерів та полімерних сплавів для потреб медицини, рідиннокристалічних сегнетополімерів та плівкових полімерів з уніполярною іонною провідністю для мікроелектроніки, високоселективних і продуктивних полімерних мембран для розділенні рідинних і газоподібних середовищ тощо.

### **Керамічне матеріалознавство**



Деталі підшипникових вузлів, виконані з кераміки Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>

Одне з провідних місць серед конструкційних матеріалів займає кераміка. Багатоманітність керамічних матеріалів включає у собі будь-які полікристалічні матеріали, отримані спіканням неметалевих порошків природного або штучного походження. Керамічні матеріали здатні функціювати у ширшому, ніж інші матеріали, інтервалі температур. Зазвичай кераміка є крихким матеріалом та має принципово інший, порівняно з металами, механізм руйнування, у якому визначальна роль належить виникненню та поширенню мікротріщин. Тому успіхи розвитку конструкційних керамічних матеріалів тісно пов'язані з удосконаленням теорії крихкого руйнування.

Керамічні матеріали умовно поділяють на два класи — конструкційні (будівельна кераміка, технічна кераміка) та функціональні (діелектрики, п'єзоелектрики, сегнетоелектрики, піроелектрики, магнітна кераміка, надпровідники, оптично прозора кераміка тощо). І якщо перший клас має багатовікову історію розвитку, до другий виник та інтенсивно розвивається з другої половини ХХ століття. Значний внесок у дослідження та створення керамічних матеріалів зробили німецький фізикохімік К. Вагнер<sup>[en]</sup>, американські вчені В.Д.Кінгері<sup>[en]</sup>, Р.Рой<sup>[en]</sup>, Дж.Гуденаф.

До актуальних задач керамічного матеріалознавства слід віднести отримання надпластичної кераміки і конструкційної кераміки для двигунів внутрішнього згорання й турбін, кераміки для різального інструменту на основі оксидів, нітридів та карбідів, радіаційнотривкої кераміки для нейтронного захисту ядерних реакторів, керамічних волокон та пін з простих та складних оксидів для високотемпературної ізоляції, біокераміки на основі гідроксіапатиту для заміни та відновлення пошкоджених суглобів, нових функційних керамічних матеріалів.

### **Композиційні матеріали**



Керамо-сталева ізоляційна плита

Ступінь розвитку авіаційної та космічної техніки, транспорту, будівництва тощо визначається рівнем використання композиційних матеріалів. Композити є гетерогенними системами, що складаються з двох або більшої кількості фаз, що мають різну фізико-хімічну природу, для такої системи характерною є наявність розвинутої системи внутрішніх поверхонь розділення, градієнтів концентрацій і внутрішніх напружень.

Серед напрямків, що найбільше розвиваються слід відзначити розроблення:

- армованих ниткоподібними монокристалічними волокнами конструкційних металевих матеріалів;
- надпластичних композитів на основі алюмінію, зміцненого ультрадисперсним карбідом кремнію;
- кераміки, зміцненої волокнами для дизельних двигунів;
- хімічно стійкої склокераміки, зміцненої діоксидом цирконію;
- гнучких п'єзоелектричних композитів на полімерній основі;
- полімерних композиційних матеріалів на основі карбонових волокон, поліімідів тощо.

### **Розвиток наноструктурного матеріалознавства**

Розвиток енергетики, електроніки, машинобудування, медицини, вирішення проблем екології на сучасному етапі пов'язують із застосуванням наноматеріалів. До наноматеріалів належать матеріали з розміром частинок, що не перевищує (в одному або декількох вимірах) 100 нм, і які проявляють (в силу квантово-розмірного ефекту) принципово відмінні від об'ємних матеріалів фізико-хімічні властивості. Це відкриває перспективи створення нових поколінь матеріалів: термо- і корозієстійких нанопокриттів, акумуляторів, високоселективних мембран, сенсорів, металокомплексних низькорозмірних каталізаторів, фотокаталізаторів, засобів цільового доставляння ліків та діагностики, магнітних матеріалів та багато інших.

### **Конструкційні матеріали** поділяються:

- за природою матеріалів — на металеві, неметалеві і композиційні матеріали, що поєднують позитивні властивості двох попередніх;
- за технологічними особливостями переробки — на деформовані (прокат, поковки, штамповки, пресовані профілі тощо), ливарні, спічні, формовані, клеєні, зварні;
- за умовами роботи — на ті, що працюють при низьких температурах, жароміцні, корозіє-, окалино-, зносо-, паливо-, маслостійкі і т. д.;
- за критеріями міцності — на матеріали малої і середньої міцності з великим запасом пластичності, високоміцні з помірним запасом пластичності.

### **Металеві конструкційні матеріали**



Чавунний блок циліндрів двигуна внутрішнього згорання конфігурації V8



Корпус фотокамери Samsung NX1, виготовлений з магнієвого сплаву методом лиття

Металеві конструкційні матеріали поділяють за системами сплавів на чорні метали (сталі та чавуни) та сплави кольорових металів (алюмінієві, магнієві, титанові, мідні, нікелеві, молібденові, вольфрамкові тощо).

До конструкційних матеріалів належить більшість марок *сталей*, що називають «конструкційними». Виняток становлять сталі, які не використовуються в силових елементах конструкцій: інструментальні сталі, сталі для нагрівальних елементів, для присадного дроту (при зварюванні) і деякі інші з особливими фізичними та технологічними властивостями. Сталі становлять основний обсяг конструкційних матеріалів, що знайшли

застосування у техніці. Вони відрізняються широким діапазоном міцності — від 200 до 3000 МН/м<sup>2</sup>, пластичність сталей досягає 80 %, ударна в'язкість — до 3 МДж/м<sup>2</sup>.

Крім того, за методами зміцнення сталі класифікуються на: гартівні, покращувані, старіючі, цементовані, ціановані, азотовані тощо, а за структурою: аустенітні, феритні, мартенситостаріючі тощо.

*Чавуни* широко використовуються у машинобудуванні для виготовлення станин, колінчастих валів, зубчастих коліс, блоків циліндрів двигунів внутрішнього згорання, деталей, що працюють при температурі до 1200 °С в окиснювальних середовищах та ін. Міцність чавунів у залежності від легування становить від 110 МН/м<sup>2</sup> до 1350 МН/м<sup>2</sup> (легований магнісвий чавун).

*Нікелеві та кобальтові сплави* зберігають міцність до температур 1000...1100 °С. Застосовуються в авіаційних і ракетних двигунах, парових турбінах, апаратах, що працюють в агресивних середовищах тощо.

Міцність *алюмінієвих сплавів* становить: деформівних до 750 МН/м<sup>2</sup>, ливарних до 550 МН/м<sup>2</sup>, за питомою механічною жорсткістю вони значно перевершують сталі. Служать для виготовлення корпусів літаків, вертольотів, ракет, суден різного призначення.

*Магнієві сплави* відрізняються малою густиною (у 4 рази меншою, ніж у сталі), мають міцність до 400 МН/м<sup>2</sup> і вище; застосовуються переважно у вигляді литва в конструкціях літальних апаратів, в автомобілебудуванні, в текстильній і поліграфічній промисловості.

*Титанові сплави* успішно конкурують в ряді галузей техніки зі сталями і алюмінієвими сплавами, перевершуючи їх за питомими міцністю та механічною жорсткістю, корозійною стійкістю. Сплави мають міцність до 1600 МН/м<sup>2</sup> і більше. Застосовуються для виготовлення компресорів авіаційних двигунів, апаратів хімічної та нафтопереробної промисловості.

### Неметалеві конструкційні матеріали



Гумові автомобільні шини



Конструкційний деревинний матеріал у виді бруса

До неметалевих конструкційних матеріалів відносяться пластики, кераміка, металокераміка, скло, гума, деревина тощо.

Неметалеві конструкційні матеріали поділяють за ізомерним складом, технологічним виконанням (пресовані, ткані, намотані, формовані тощо), за типами наповнювачів (армувальних елементів) і за характером їх розташування та орієнтації.

*Пластики* на основі термореактивних смол і фторопластів, армовані (зміцнені) скляними, кварцовими, азбестовими волокнами, тканинами чи стрічками, застосовують в авіації, ракетобудуванні, в енергетичному та транспортному машинобудуванні. Термопластичні полімерні матеріали — полістирол, поліметилметакрилат, поліаміди, фторопласти, а також реактопласти використовують в деталях електро- і радіообладнання, вузлах тертя, що працюють у різних середовищах.

Мінеральне (силікатне, кварцове) *скло* — система, що складається з оксидів різних елементів, у першу чергу оксиду кремнію  $\text{SiO}_2$ , що використовується для застосування будівель чи транспортних засобів.

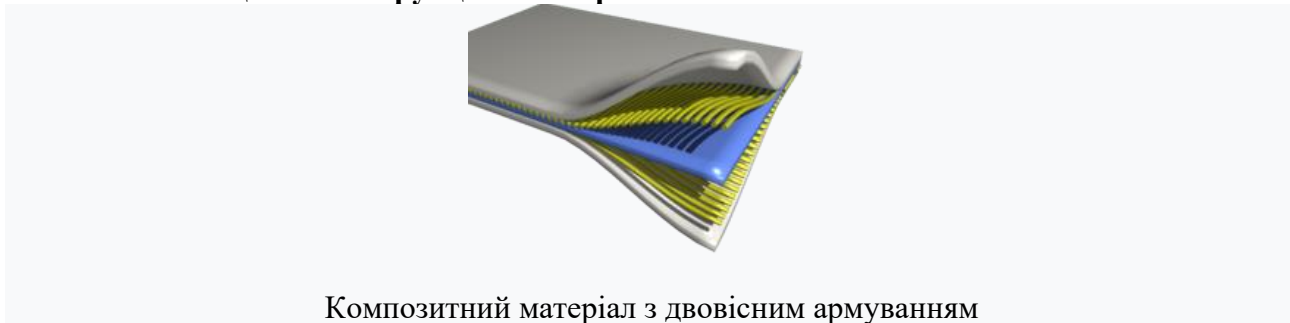
З *кераміки* виготовляють деталі, що працюють за високих температур. Основою цих матеріалів є порошки тугоплавких сполук типу карбідів, боридів, нітридів та оксидів. Наприклад:  $\text{TiC}$ ,  $\text{SiC}$ ,  $\text{Cr}_7\text{C}_3$ ,  $\text{CrB}$ ,  $\text{Ni}_3\text{B}$ ,  $\text{TiB}_2$ ,  $\text{BN}$ ,  $\text{TiN}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{ZrO}_2$  тощо.

У *металокерамічних матеріалах* (металокераміці) основою є кераміка, у яку додається певна кількість металу, що є зв'язкою і забезпечує такі властивості, як пластичність і в'язкість.

*Гуми* на основі каучуків з додаванням сірки та інших елементів, зміцнені кордовими тканинами, використовуються для виробництва автомобільних та авіаційних шин а також рухомих і нерухомих зацілювачів.

*Деревинні матеріали* — матеріали, повністю або частково виготовлені з натуральної деревини (лісоматеріали, пресована деревина, модифікована деревина, шарувата клеєна деревина та деревинні композити).

### **Композиційні конструкційні матеріали**



Композитний матеріал з двовісним армуванням

Композиційні матеріали являють собою композиції, що отримуються штучним шляхом з двох і більше різнорідних матеріалів, що сильно відрізняються один від одного за властивостями. У результаті композиція суттєво відрізняється за властивостями від складових компонентів, тобто одержуваний матеріал має новий комплекс властивостей. До складу композиційних матеріалів можуть входити як металеві, так і неметалеві складові.

Перспективи створення композитів конструктивного призначення пов'язані із синтезом матеріалів із елементів, що мають граничні значення властивостей за міцність, тугоплавкістю, термостійкістю тощо. В них використовуються високоміцні елементи (волокна, нитки, дріт, ниткоподібні кристали, гранули, дисперсні надтверді і тугоплавкі сполуки), що утворюють армування матеріалу, яких скріплюється матрицею з пластичного і міцного матеріалу (металевих сплавів або неметалу, переважно полімеру). Композити за питомою міцністю та питомим модулем пружності можуть на 50...100 % перевершувати сталі або алюмінієві сплави і забезпечувати зниження маси конструкцій до 20...50 %.

**ФУНДАМЕНТАЛЬНІ  
ДОСЛІДЖЕННЯ,  
НАУКОВІ ВІДКРИТТЯ**

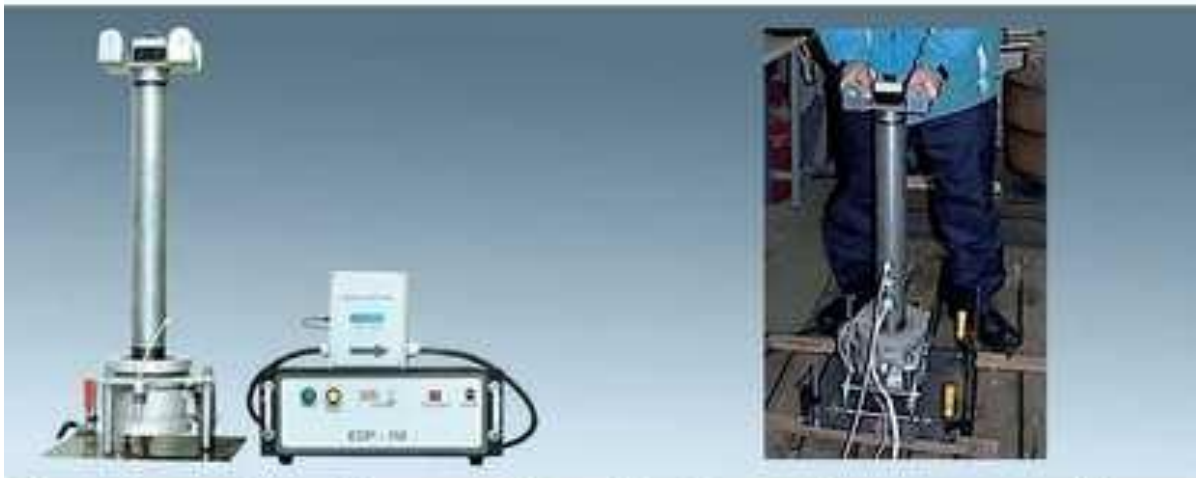
»

**ВИНАХОДИ, ПРИКЛАДНІ НАУКОВІ  
ТА ДОСЛІДНО-КОНСТРУКТОРСЬКІ  
РОЗРОБКИ**

**НАПРЯМКИ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОГО ПРОГРЕСУ**

<b>ЗАГАЛЬНІ</b>	<b>ПРІОРИТЕТНІ</b>
Створення нових і вдосконалення застосовуваних технологій	« Застосування прогресивних базових технологій
Створення нових і вдосконалення існуючих засобів праці та кінцевої продукції	« <ul style="list-style-type: none"><li>• Системи машин для легкої та харчової індустрії</li><li>• Багатоопераційні верстати з ЧПК</li><li>• Робото технічні та роторно-конвеєрні комплекси</li><li>• Гнучкі автоматизовані системи</li><li>• Персональні комп'ютери</li></ul>
Створення нових і поліпшення якості застосовуваних матеріалів	« Застосування нових синтетичних, композиційних, керамічних, надчистих матеріалів із заданими властивостями
Механізація та автоматизація виробництва	« Комплексна автоматизація на базі впровадження САПР, ГВС, АСУПТ, АСУВ

## ТЕХНОЛОГІЯ ЕЛЕКТРОДИНАМІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ І ДОВГОВІЧНОСТІ ЗВАРНИХ КОНСТРУКЦІЙ



ЕДО зварної конструкції із алюмінієвого сплаву АМг6

Ручний інструмент і джерело живлення для ЕДО

### Характеристики

Технологія електродинамічної обробки (ЕДО) ґрунтується на електропластичному деформуванні металу зварного з'єднання в процесі його ударного навантаження із супутнім пропусканням імпульсного струму високої щільності через зону обробки.

### Призначення

Підвищення довговічності і точності тонколистових зварних конструкцій на основі регулювання залишкових зварювальних напружень, підвищення механічних характеристик зварних з'єднань.

### Переваги

Забезпечує усунення залишкових зварювальних деформацій тонколистових зварних конструкцій за менших витрат енергії, підвищує опір зварних конструкцій уповільненому руйнуванню за меншої трудомісткості, забезпечує зниження рівня залишкових зварювальних напружень розтягування за меншої собівартості ніж загальна термообробка, сприяє підвищенню порога пластичності, твердості й оптимізації структури зварних з'єднань зі сплавів на основі алюмінію і магнію.

### Рівень готовності розробки. Пропозиції до комерціалізації

TRL5, TRL6  
На замовлення можливе виконання робіт за умов господарського договору, розробка і впровадження технології та обладнання для ЕДО згідно із технічним завданням замовника.

### Охорона інтелектуальної власності

IPR2, IPR3

### Контактна інформація

Піддана Ольга Олександрівна, Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України, +38 044 529 56 09, e-mail: olga.mikhodui@gmail.com

## Методи захисту від корозії будівельних конструкцій з бетону і залізобетону

Методи захисту каменю і бетонів від корозії можна розділити на чотири основні групи:

1. Зниження агресивності середовища.
2. Підвищення корозійної стійкості будівельних виробів:
  - підвищення щільності і міцності конструкцій нагнітанням у них розчинів;
  - модифікацію матеріалу виробів застосуванням спеціальних цементів, пластифікуючих добавок та інгібіторів корозії.
3. Підвищення корозійної стійкості поверхневого шару будівельних виробів.
  - *торкретування* - нанесення захисного цементного шару на поверхню
  - *гідрофобізація* - надання здатності не змочуватися водою;
  - *силікатизація* - нанесення на конструкцію рідкого скла;
  - *карбонізація* - обробка вуглекислим газом.
4. Застосування захисних покриттів: глиняного набивання, шарів обмазки, фарбування, штукатурки, рулонного покриття або шару облицювання.