

Л. Р. Вишняков

Композиційні матеріали

КОМПОЗИЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ – матеріали з новим корисним комплексом фізико-механічних та експлуатаційних властивостей, утворені поєднанням двох і більше компонентів, які мають межі розподілу та різняться хімічним складом, структурою і фізико-хімічними характеристиками. В історії людства К. м. відомі здавна. Так, укріплення мармур. колон метал. прутами використовували ще у Стародав. Греції. Найпершим пром. К. м. вважається [залізобетон](#), який широко застосовують від кін. 19 ст. Від 1960-х рр. найпоширенішими в техніці є штучні К. м. зі зміцнювачами на основі волокон, дротів і ниткоподіб. кристалів. Особливу групу становлять природні К. м. – евтектичні метал. сплави, в структурі яких містяться фази волокнистої або пластинчастої форми, які виникають в процесі спрямованої кристалізації розплавів евтектич. складу. Осн. особливості К. м.: утворені з матриці – компонента, неперервного в об'ємі матеріалу, та наповнювача – переривчастого компонента у вигляді дискрет. частинок різноманіт. форми, об'єднаних матрицею. Переривчастий компонент називають армуючим елементом. Він може виконувати функції як зміцнювача (в конструкц. К. м.), так і наповнювача, що визначає функціонал. характеристики матеріалу (теплофіз., електричні, магнітні, триботех. та ін.). Як армуючий компонент або наповнювач використовують високоміцні дроти (сталь, вольфрам, молібден, берилій), ниткоподібні кристали з SiC, Al₂O₃, Si₃N₄ та ін., неметал. волокна (вуглець, бор, скло, базальт, кераміка), порошок та гранули металів, інтерметалідів, кераміки тощо. Армуючі наповнювачі повинні забезпечувати міцність, жорсткість, електропровідність, стабільність властивостей у певному температур. інтервалі, відсутність деградації структури та властивостей під впливом дифуз. процесів на межі волокно–матриця. Як матрицю використовують полімери, метали та сплави, інтерметал. з'єднання, кераміку (оксиди, карбіди, нітриди), вуглець, скло та ін. матеріали. Роль матриці полягає в наданні форми виробу із К. м. та в забезпеченні зв'язності його компонентів. Поєднуючи матрицю з армуванням, К. м. можуть витримувати різноманітні внутр. навантаження. Фіз.-мех. властивості К. м. знач. мірою залежать від кількості армуючого наповнювача (частинок або волокон), його розташування, розмірів, властивостей та характеру зв'язку з матрицею. При армуванні волокнами або дротами важливе значення мають їхня орієнтація в об'ємі матеріалу, відношення довжини до діаметра (у випадку використання дискрет. волокон), будова структур. елементів (сіток та

ін. текстил. армуючих структур). Найефективніше зміцнення забезпечують односпрямов. орієнтацією непереривчастих або дискрет. волокон. Для визначення міцності при розтягуванні композитів, армованих непереривчастими односпрямов. волокнами, використовують рівняння адитивності:

$$\sigma = \sigma_V^1 V_V + \sigma_M (1 - V_V),$$

де σ_V^1 – міцність волокна при розтягуванні; V_V – об'ємна частка волокон; σ_M – напруження в матриці під час руйнування волокон. Для крихких волокон у пруж. матриці, зокрема для К. м. кераміка–кераміка, величина σ_M попередньо встановлюється співвідношенням $\sigma_V^1 E_M/E_V$, де E_M та E_V – модулі пружності матриці та волокон. Для метал. матриці, якій властиве пластичне деформування, найдоцільнішим параметром є границя текучості. На основі теор. розрахунків властивостей К. м. та їх порівняння з експеримент. даними з урахуванням особливостей структури та характеру мех. і терміч. навантажень можна спрогнозувати та пояснити критичні рівні цикліч. пружності, в'язкості руйнування, повзучості та ін. властивостей. Знач. прогресу в розробленні та отриманні сучас. К. м. досягнуто завдяки розвитку виробництва ниткоподіб. кристалів і тугоплав. волокон на основі карбідів та оксидів. Ниткоподібні кристали з карбіду кремнію, що мають високу міцність та здатність зберігати пружні властивості при високій т-рі, розглядають як один з перспектив. наповнювачів алюмінієвих та ін. матриць. Однак використання ниткоподіб. кристалів стримується через труднощі їх сертифікації та ушкодженість при поєднанні з матрицею К. м. Нині повною мірою здійснюється промисловий випуск високоміц. оксид. волокон. Ними армують К. м. з метал. та кераміч. матрицями. У К. м. з наповнювачем із дисперс. частинок ефект зміцнення зумовлений механізмом обходу частинок наповнювача дислокаціями. Армуючі частинки (оксиди, карбіди, бориди, нітриди) створюють перешкоди для ковзання дислокації при застосуванні навантаження. Ступінь зміцнення цих композитів обернено пропорційний середній відстані між частинками і їх розміром, залежить також і від рівномірності розподілу частинок в матриці. Найефективніше зміцнення утворюється при розмірі частинок менше 0,1 мкм з відстанню між ними 0,01–0,3 мкм та кількістю бл. 2–10 %. Дисперсно-зміцнені К. м. здатні при підвищеній т-рі зберігати високий рівень текучості та опір повзучості матриці. Особливе місце серед сучас. К. м. належить вуглец. волокнам, які називають матеріалом третього тисячоліття через їхній вплив на прогрес в різноманіт. галузях техніки. Завдяки своїм високим міцності та модулю пружності, низькій щільності, електро- і теплопровідності, хім. інертності ці матеріали дозволили вирішити низку склад. тех. проблем у авіакосм. техніці, зокрема щодо зменшення ваги літал. апаратів. З вуглец. ниток, складених з пучків волокон (філаментів), виготовляють стрічки, тканини, полотна, які вводять в К. м. За питомими мех. характеристиками (відношення міцності та модуля пружності до питомої ваги) високоміцні та високомодул. вуглец. волокна в 5–8 разів переважають сталь, алюміній і сплави. Нині на основі вуглец. волокон

створюють переважно полімерні композити для авіа-, ракето- й автомобілебудування (деталі кузова, кардан. вал, газові балони), текстил. машинобудування (рами верстатів, рапіри), вітроенергетики (лопать повітр. турбіни, проводи), будівництва (створення та ремонт мостів, тунелів, будівель, колон), медицини (протези, імплантати), нафто-добування (деталі платформ). Вагомий внесок у розвиток К. м. зробили укр. вчені під керівництвом академік АН УРСР *І. Францевича* та проф. Д. Карпиноса. Теор. і експеримент. дослідження в Інституті проблем матеріалознавства НАНУ (Київ) увінчалися розробленням нових високотемператур. К. м. для ракетно-косм. техніки, що вирішило питання тепл. захисту деталей, які працюють при високих т-рі, тиску та швидкості аеродинам. потоку. К. м., розроблені представниками укр. школи, застосовують в різноманіт. галузях промисловості як в Україні, так і за кордоном. Остан. часом зусилля укр. матеріалознавців знач. мірою спрямовано на створення керам. К. м. Розроблення композитів з керам. матрицею спричинене необхідністю підвищення міцності до розтягнення, в'язкості руйнування, термостійкості при експлуатації в умовах високих температури, мех. навантажень та у короз. середовищі. Одним з ефектив. способів збільшення в'язкості руйнування кераміки є армування керам. матриці керам. волокнами. Механізм підвищення міцності цих К. м. полягає у відхиленні траєкторії магістрал. тріщини, її розгалуженні та, як наслідок, підвищенні розсіювання енергії під час руйнування матеріалу. Для підвищення тріщиностійкості корунд. матриці (Al_2O_3) використовують армування сапфір. волокнами з піровуглец. покриттям. Встановлено, що критич. коефіцієнт концентрації напруження (K_{Ic}) такого К. м. в 2–3 рази вищий, ніж незміцненої матриці. Значна кількість перспектив. К. м. нині знаходяться ще на стадії лаборатор. досліджень, однак осн. перевага їх в тому, що вони дають можливість широкого варіювання властивостей, задоволення різноманіт. вимог до конструкцій.

Рекомендована література

1. Карпинос Д. М., Тучинский Л. И., Вишняков Л. Р. Новые композиционные материалы. К., 1977;
2. Композиционные материалы: Справоч. К., 1985;
3. Карпинос Д. М., Тучинский Л. И., Сапожникова А. Б., Грудина Т. В., Вишняков Л. Р., Шафит М. Я., Михеев В. И. Композиционные материалы в технике. К., 1985;
4. Композиционные материалы: Справоч. Москва, 1990;
5. A. Evans, C. San Marchi, A. Mortensen. Metal Matrix Composites in Industry. Dordrecht; Boston; London, 2003;
6. K. K. Chawla. Ceramic Matrix Composites. Boston; Dordrecht; London, 2003.

Бібліографічний опис:

Композиційні матеріали / Л. Р. Вишняков // 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, 2014. – Режим доступу: <https://esu.com.ua/article-4385>

2001-2024 © Ця енциклопедична стаття захищена авторським правом згідно з чинним законодавством України ([докладніше](#)).