

КОМПОЗИЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ В ТЕХНІЦІ (Огляд)

Вінницький національний технічний університет.Кафедра загальної фізики

Анотація:

На основі досліджень та літературних даних наведена інформація щодо основних властивостей сучасних композиційних матеріалів. Приведені дані про нові волокнисті композиційні матеріали(КМ) на полімерній і металічній основі, а також дисперснозміцнені КМ і псевдосплави. Розглянуто перспективи використання композиційних матеріалів в різних галузях промисловості.

Ключові слова: композиційні матеріали, матриця, волокна бору, експлуатаційні характеристики.

Abstract:

Based on research and literature data, information is provided on the main properties of modern composite materials. Data are presented on new fibrous composite materials (CM) based on polymer and metal, as well as dispersion-strengthened CM and pseudoalloys. The prospects for the use of composite materials in various industries are considered.

Keywords: composite materials, matrix, boron fibers, performance characteristics.

Вступ

Розвиток сучасної техніки вимагає створення матеріалів, які надійно працюватимуть у складній комбінації силових і температурних полів, при дії агресивних середовищ, випромінювань і високих тисків. Традиційні методи металознавства шляхом легування і термомеханічного оброблення дозволяють істотно підвищити міцність металів і сплавів, але вони не можуть зміцнити модуль пружності високоміцного матеріалу. Для конструкційних матеріалів, як визнано, які працюють у складних умовах, найважливішими характеристиками є питома міцність σ , питома жорсткість E та коефіцієнт інтенсивності напружень K . Спектр властивостей КМ неможливо отримати при використанні звичайних матеріалів, їх застосування дає можливості створювати раніше неможливі конструкції. Завдяки КМ двигуни стали потужнішими, зменшилась маса машин і т.д. Розглянемо види і застосування різних КМ в сучасних галузях науки і будівництва.

Результати досліджень

Композиційні матеріали знаходять найбільш ефективне застосування в різних галузях науки і техніки. Особливо швидкими темпами вони поширюються в галузі військової авіації. У літакобудуванні для цивільної авіації композити, як основний матеріал поширювалися значно повільніше, однак останнім часом і тут спостерігається значне прискорення. Масова частка композиційних матеріалів у конструкційних деталях неперервно зростає і літальні апарати в майбутньому будуть не менше як на половину складатися з КМ.

Дисперснозміцнені композиційні матеріали

При дисперсному зміцненні частинки блокують процеси ковзання матриці. Застосовують дисперсні частинки тугоплавких фаз типу SiC , Al_2O_3 , SiO_2 , що мають малу густину і високий модуль пружності. КМ отримують методом порошкової металургії, перевагою якого є ізотропність властивостей в різних напрямках.

Ефективність зміцнення матриці некогерентними дисперсними частинками фаз залежить від їх розміру і відстані між сусідніми частинками: найкраще зміцнення при розмірі частинок $<0,1\text{мкм}$ і відстані $0,01\text{--}0,3\text{мкм}$. Однак ефект зміцнення знижується при нагріванні в сплавах, що твердіють дисперсійно. Головна перевага дисперснозміцнених композитів полягає в здатності зберігати високий

рівень границі плинності і збільшувати опір повзучості матриці в широкій температурній області. Тому як дисперсні доцільно використовувати фази, які нерозчинні в матриці та некогогерентні з нею.

Роль армуючих частинок зводиться більше до перерозподілу прикладеного навантаження між матрицею і наповнювачем. Важливе значення матриці тут – передача навантаження армуючим частинкам.

Матеріали типу САП (спечений алюмінієвий порошок), що застосовують в Україні, за жароміцністю переважають всі ливарні та деформовані алюмінієві сплави. Навіть за температури 500°C їх питома міцність становити не менше 60-110 МПа. Це пояснюється гальмувальною дією дисперсних частинок Al_2O_3 на процес рекристалізації. Характеристики міцності таких сплавів досить стабільні і їх випробування протягом 2 років практично не вплинули на рівень властивостей при кімнатній та високих температурах. Сплави типу САП використовують для виготовлення лопаток компресорів, поршнів та інших конструкцій, які працюють за високих температур.

Матриця, крім забезпечення міцності й монолітності конструкції, повинна мати необхідну пластичність і бути працездатною в тій температурній області, для якої призначений КМ. Для таких КМ, що застосовуються при температурі $>200^{\circ}C$, призначені полімерні матриці. До цих композитів відноситься склопластик, що застосовують для виготовлення корпусів автомобілів, човнів та деяких побутових приладів. Термореактивні полімери також використовують як матриці, в яких поперечні зв'язки між основними ланцюгами формують тверду структуру з тривимірною сіткою. До них відноситься епоксидна смола, яка має високу термостійкість. На рис. 1 схематично показано спосіб виготовлення такого композиту.

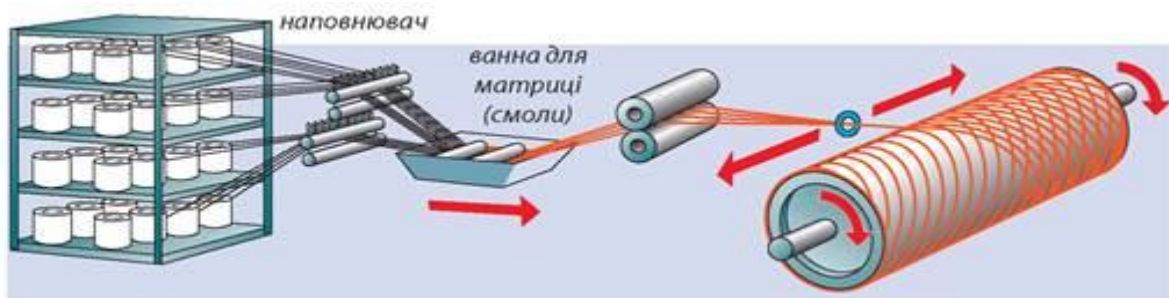


Рис.1 – Схема виготовлення композиту

Для роботи при вищих температурах використовують металеві матриці, а саме метали з малою густиною, вони мають вищу ерозійну стійкість.

Армуючі волокна МКМ, окрім високої міцності й твердості, повинні мати добре змочування розплавленою матрицею в процесі виготовлення композиту, в них має бути слабка взаємодія та висока стійкість до окислення. Для армування зазвичай використовують безперервні волокна, такі як вуглецеві, борні і т.д. Також використовують тонкий металевий дріт(сталь, вольфрам), отриманий методом волочіння. Часто використовують волокна бору, але їх недоліком є висока вартість вольфрамової нитки. Їх найширше використовують в авіації та ракетно-космічній техніці, виготовляючи стабілізатори, стерни, елементи хвостового оперіння лонжерони, обшиття крил тощо.

Волокнисті компоненти одержують просоченням пучка волокон розплавами алюмінію, плазмовим напилюванням, застосуванням методів гарячого пресування. При армуванні композицій типу «сандвіч» застосовують прокатування, гаряче пресування, зварювання вибухом, дифузійне зварювання.

Типовим представником бороалюмінієвих композитів є ВКА-1, який за рівнем фізико-механічних властивостей не поступається кращим метало композитним фірмам. Він в 2-3 рази переважає всі сучасні суднобудівні МКМ і має найвищу міцність при стисканні. Границя його утоми на базі $2 \cdot 10^6$ циклів становить $\approx 0,7$ границі міцності при розтягу, у той час як для гомогенних МКМ він не перевищує 0,4. Ці високі властивості зберігаються аж до $500^{\circ}C$.

КМ системи Al_2O_3 використовують в суднобудуванні(корпуси торпед, гребні гвинти), військовій техніці(стабілізатори ракет), автомобілебудуванні(шатуни, голівки поршнів, деталі гальмівної системи), авіакосмічній техніці(антени, платформи).

Для високих температур, наприклад, у камерах згоряння реактивних двигунів, використовуються системи з W і Mo в матрицях. Корпус і робочі лопатки реактивного двигуна Lear(CFM International) виробляють з пластику, армованого вуглецевими волокнами.

Вуглець-вуглецеві композиційні матеріали(ВВКМ) з'явилися досить недавно, характеризуються хімічною інертністю, малою густиною, добрими електрофізичними властивостями, можливістю регулювання теплопровідності та електричного опору в широких межах. Це матеріали з графітоподібною структурою – від кристалічної до аморфної. Ці КМ знаходять застосування у медицині(через біосумісність з живими тканинами), вузлах реакторів термоядерного синтезу(витримка екстремальних температур), виготовленні спортивного інвентарю(через легкість та жорсткість), газотурбінних двигунах. Останнє застосування спрямоване на одержання антиокислювальних покриттів і стійкості від руйнування. Високо армовані ВВКМ успішно застосовують у соплах ракетних двигунів, гальмових дисках авіа коліс. ЗВВКМ в атомній енергетиці виготовляють труби та елементи кріплення теплообмінників для високотемпературних атомних реакторів з гелієвим охолодженням. Вуглецева основа цих КМ дозволяє широко варіювати властивості матеріалу і розширювати галузі застосування в майбутньому.

Висновки

Завдяки постійному підвищенню експлуатаційних властивостей композиційних матеріалів неперервно зростають обсяги їх застосування в авіаційній та іншій техніці. Вже сьогодні у літаках, що проектується, та перспективних конструкціях передбачається масова доля композитів на рівні не менш як 50%, що суттєво впливатиме на вантажопідйомність і дальність польоту літака, витрати пального і загальний ККД. Успіхи, досягнені при застосуванні композитів у покращених конструкціях літальних апаратів, викликали прискорення у розробці та виробництві нових композиційних матеріалів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Савченко В.А. Проблеми і перспективи застосування композиційних матеріалів в авіабудуванні. Будівництво, матеріалознавство, машинобудування: сб, науков. Праць. – Дніпро: ПГАСА, 2015.
2. Михайлин Ю.А. Термостійкі полімери і полімерні матеріали. 2006.
3. American Composites Manufacturers Association [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.acmanet.org>
4. Кривов Г.О., Тітов В.А та ін. Конструкції з металевих композиційних матеріалів. 1992

Рабоча Поліна Олегівна – Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, студентка групи ЕС-256, ФЕЕЕМ, polinarabocha2008@gmail.com

Лисий Михайло Вікторович – к. ф-м. н., доцент, Вінницький національний технічний університет, кафедра загальної фізики.

Rabocha Polina Olehivna - Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, Faculty of Electrical Power Engineering and Electromechanics, polinarabocha2008@gmail.com

Supervisor: **Lysy Mykhailo Viktorovych** - Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Vinnytsia National Technical University, Department of General Physics.