Кафедра механічної та
біомедичної інженерії

Долгов О.М

КОМПОЗИЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ

**методичні вказівки до тестового контролю знань
для бакалаврів спеціальності 132 Матеріалознавство**

Дніпро - 2023

Національний
технічний університет
ДНІПРОВСЬКА
ПОЛІТЕХНІКА
1899

У методичних вказівках надається стисле викладення основних понять і визначень дисципліни «Композиційні матеріали. Увага приділена одному з розділів – «Класифікація композитів». Прийнята форма надає можливість самостійного вивчення матеріалу і самоконтролю його засвоєння. Завдання у тестовій формі з ключами відповідей мають допомогти кращому засвоєнню теоретичного матеріалу, самостійно вирішити практичні питання, передбачені програмою дисципліни та допомогти у процесі підготовки до поточного і підсумкового контролю знань. Запропонована форма дає можливість переходу до об'єктивного моніторингу знань, умінь і навичок студентів.

Викладений навчально-інформаційний матеріал, насамперед, призначений для здобувачів вищої освіти всіх форм навчання за спеціальністю 132 «Матеріалознавство», але може бути корисним для студентів інших технічних спеціальностей галузі 13 «Механічна інженерія», які вивчають або цікавляться створенням й застосуванням нових матеріалів.

Умовні скорочення

Нижче приведені умовні скорочення термінів, які використовуються у технології виробництва і використанні композиційних матеріалів і найбільш часто зустрічаються в посібнику. Визначення термінів, які не включені у цей перелік, будуть приведені у тексті:

КМ – композиційні матеріали; М – матриця КМ;

АЕ – армуючі елементи КМ; АВ – армуючі

волокна;

АН – армуючі наповнювачі;

ТКМ – технологія композиційних матеріалів;

ПКМ - полімерні КМ;

МКМ – металокомпозити; ККМ – керамічні

КМ; СКМ – скляні КМ;

ВКМ – вуглекомпозити; ЦКМ – цементні

КМ; ГКМ – гіпсові КМ; БКМ – бітумні КМ;

ТП – термопласти;

РП – реактопласти;

ТЕП- термореактопласти.

1. Класифікація композиційних матеріалів

1.1. Характерні ознаки композиційних матеріалів

Характерними ознаками КМ є:

1) багатокомпонентність, оскільки до складу КМ обов'язково входять два чи більше різного роду матеріалів, в тому числі матриця (М) та армуючі елементи (АЕ);
2) відсутність хімічної взаємодії між компонентами, тобто між ними є тільки фізичні зв'язки (вандерваальсова взаємодія);
3) відсутня взаєморозчинність між компонентами у складі КМ, оскільки між ними завжди існує границя розділу фаз;
4) компоненти КМ підібрані таким чином, щоб було досягнуто явище синергізму, при якому якісні характеристики КМ перевершують характеристики кожного окремо взятого компонента;
5) матриця КМ утворює суцільне середовище, яке зв'язує всі інші компоненти КМ;
6) на стадії виготовлення виробів з КМ матриця часто буває у рідкому або пластичному стані, що дає можливість придавати виробам необхідної форми;
7) жорсткість матриці , як правило, нижча жорсткості АЕ, таким чином навантаження на вироби з КМ приходиться не на М, а на АЕ;
8) багатофункціональність КМ дозволяє повніше задовольняти функціональні потреби, визнані призначенням КМ.

1.2. Класифікація композиційних матеріалів за природою матриці

Матеріал, який поєднує всі компоненти КМ в єдине ціле і в основному визначає технологічні особливості виготовлення виробів із КМ , називають матрицею.

За природою матриці КМ класифікують наступним чином:

1) полімерні КМ (ПКМ) – це всі види КМ, поєднуючим компонентом в яких є полімерний матеріал, наприклад, епоксидна смола;
2) металокомпозити (МКМ) – всі компоненти об'єднані між собою металевою матрицею, наприклад, КМ алюміній-вольфрам;
3) керамічні та скляні КМ (ККМ, СКМ), наприклад, скло або абразивний диск, армовані сталевою сіткою;
4) вуглецеві КМ (ВКМ), зв'язуючим компонентом в яких є одна із модифікацій вуглецю, наприклад, кокс, графіт тощо;
5) цементні КМ (ЦКМ) та бетонні КМ , наприклад, азбошифер, залізобетоні вироби;
6) гіпсові КМ (ГКМ), наприклад, гіпсокартон;
7) бітумні КМ (БКМ), наприклад, єврорубероїд на склотканій основі.

1.3. Класифікація металевих композиційних матеріалів за природою матриці

Металеві матриці часто мають температуру плавлення нижчу, ніж армуючі елементи (АЕ). Це гарантує адгезію матриці до АЕ у розплавленому стані, а також суцільність метало- композитів (МКМ). МКМ можуть бути виготовленні із таких металів:

1 - міді, бронзи, латуні (електропровідні, антифрикційні МКМ);
2 - алюмінію та його сплавів (дюралі тощо) – легкі МКМ;
3 - бабіту (антифрикційні КМ);
4 - літію (легкі МКМ);
5 - магнію (легкі МКМ);
6 - танталу (хімічно стійкі МКМ);
7 - ніобію (хімічно стійкі МКМ);
8 - заліза (феромагнітні МКМ);
9 - нікелю (феромагнітні МКМ);
10 - титану (міцні, легкі МКМ);
11 - кобальту (термостійкі МКМ);
12 - цирконію (медицинскі МКМ);
13 - цинку (антикорозійні МКМ);
14 - свинцю (пластичні МКМ);
15 - хрому (хімічно стійкі МКМ).

1.4. Класифікація керамічних композиційних матеріалів за природіою матриці

Керамічні КМ є найбільш термостійкими матеріалами. Основним їх недоліком є крихкість та мала стійкість до динамічних навантажень. Керамічні матриці мають модуль жорсткості завжди менший модуля жорсткості АЕ.

Керамічні матриці виготовляються із окислів металів:

1 - оксиди алюмінію (Al_2O_3);

2 - оксиди берилію (BeO); 3 - оксиди цирконію (ZrO); 4 - оксиди торію (ToO);

5- нітриди кремнію (Si_3N_4);

6- карбіди кремнію (SiC).

1.5. Класифікація вуглецевих композиційних матеріалів (ВКМ) за вуглецевою матрицею

Вуглецева матриця буває в таких модифікаціях:

1 - графітизований кокс;

2- піровуглець (піролітичний вуглець);

3- комбінації графітизованого коксу та вуглецю;

4- Модифікований вуглець з карбідо- та нітридоутворюючими елементами.

Класифікація ВКМ за методом виготовлення матриці

Для виготовлення вуглецевих матриць використовують такі речовини:

1 - поліакрилонітрил (ПАН);

2 - гідрат целюлози (ГЦ);

3 - пеки із вугілля.

При виготовленні ВКМ виконують такі ж операції, як і при виготовленні вуглецевих армуючих волокон (АВ):

1- піроліз (окислення) при температурі 400 С;

2- дегідрування (дегідратація та деполімеризація) з утворенням речовин розпаду, які при високій температурі приймають участь в утворенні вуглецевої структури і відокремленням гідрогену при температурі 1000 С у середовищі нейтрального газу (аргону);

3- карбонізація при Т = 1100 С у середовищі аргону під високим тиском приводить до появи напівкоксу;

4- графітизація напівкоксу при Т = 2700 С у середовищі аргону під високим тиском приводить до появи графіту.

1.6. Класифікація композиційних матеріалів за складністю матриці

1. По всій товщині КМ використовується матриця однієї і тої ж природи та складу (мономатриця), наприклад, текстоліт на основі епоксидної смоли.
2. Поліматричні КМ мають різні по природі матриці в різних шарах по товщині виробу, наприклад в автомобільній шині між протектором та армованим каркасом укладають брекер, який має більшу еластичність (меншу жорсткість) по відношенню до інших шарів.

До складу поліматричних КМ відносять реактопласти (РП), функцію матриці в яких виконує компаунд, наприклад, при виготовленні телескопічних вудилищ препреги отримують просочуванням склотканини розчином із суміші трьох термореактивних смол.

Зауваження: автомобільна шина не тільки поліматрична, а й комбіновано поліармована оскільки має як синтетичний, так і металевий корд.

2. Класифікація полімерних композиційних матеріалів

2.1. Класифікація полімерних КМ по природі матриці

ПКМ за природою матриці класифікують таким чином:

1) термопласти (ТП); 2) реактопласти (РП);

3) термоеластопласти((ТЕП); 4 - гуми.

2.2. Термопласти

В ТП матриця на стадії приготування перебуває в розплавленому в'язкому або пластичному стані, а на стадії експлуатації – у твердому стані. ТП збудовані з лінійних або розгалужених макромолекул, між якими виникає тільки вандерваальсова (фізична) сила тяжіння. При нагріванні ТП переходять у розплав, при охолоджені твердіють. ТП на любій стадії розчиняється у відповідних розчинниках.

В якості матриці в ТП використовують такі синтетичні полімери:

1 - поліетилени низької, середньої та високої щільності;

2- поліпропілен;

3- полістирол та його сополімери;

4- політетрафторетилен (фторопласт - 4);

5- поліетилентерефталат (ПЕТ), вітчизняна торгова марка якого – лавсан;

6 - полікарбонат;

7- полііміди в кевлaропластах;

8- поліаміди, наприклад, капрон.

2.3. Реактопласти

Реактопласти –це багатокомпонентні КМ, між молекулами матриці яких утворені поперечні хімічні зшивки. Матриця РП на стадії виготовлення є олігомером або компаундом, який після хімічної реакції зшивки утворює твердий моноліт з хімічно зшитими молекулами. При нагріванні зшиті РП не плавляться і нічим не розчиняються.

На стадії формування виробів в якості матриці в РП часто використовують у текучому стані такі термореактивні смоли (олігомери):

1- епоксидні смоли;

2- фенолоформальдегідні смоли, з яких одержують ПКМ – фенопласти;

3 - анілінoформальдегідні смоли;

4 - мочевиноформальдегідні смоли;

5 - меламіноформальдегідні смоли;

6 - фуранові смоли;

7 - кремнійорганічні смоли (поліорганосілоксани). Після формування виробів в цих термореактивних смолах утворюються поперечні хімічні зшивки, які фіксують жорстку форму виробів.

2.4. Олігомери

Олігомери – це речовини, які займають проміжний стан між низькомолекулярними сполуками (НМС) та високомолекулярними (ВМС) сполуками. Якщо полімери ВМС мають у своєму складі більше 10^4 ланок (мономерних остатків), то олігомери мають їх більше 100 і менше 10^4 . Олігомери, як правило, мають вигляд смоли, яка при нормальній температурі знаходиться у в'язкому або твердому аморфному стані. Олігомери добре розчиняються у воді, спиртах, ацетоні тощо, оскільки їх молекули не мають між собою хімічних зв'язків, наприклад, епоксидна смола до затвердіння.

2.5. Компаунди

Компаунди – це композиції із різних олігомерів (термореактивних смол) з різними добавками. Між олігомерами, які входять до складу компаундів, завжди є спорідненість: вони добре перемішуються між собою. Границя розділу фаз між ними не існує в результаті інтенсивної дифузії. Компаунди діляться на просочені та литтьові. В просочені компаунди добавляють розчинники, із яких найбільш поширені різні спирти. Чим менша динамічна в'язкість просоченого компаунда, тим швидше він дифундує в пори на поверхні АЕ, тим вища адгезія компаунда (М) до армуючого елементу АЕ.

2.6. Препреги

Препреги – це полуфабрикати, із яких виготовляють КМ. Для виготовлення препрегів використовують компаунди із термореактивних смол (для реактопластів), гумові суміші (наприклад, для виготовлення гумового корда), або тканні вироби, в яких є низькоплавкі волокна, утворюючі матрицю в термопластах (наприклад, в кевлaропластах), або в ТЕПах.

Препреги для реактопластів та гумових виробів мають малий «час життя», в границях якого їх використовують для формування виробів із КМ.

При перевищенні цього часу в препрагах самовільно проходять реакції утворення хімічних поперечних звязків. При цьому препреги втрачають пластичність та адгезію.

В препрегах для термопластів та ТЕПів така проблема не виникає, оскільки в тканих виробах низькоплавкі волокна утворені їз лінійних або розгалужених макромолекул, які характеризуються високою стабільністю в часі.

2.7. Виготовлення полімерних препрегів

1.Препреги на основі термоактивних смол використовуються для виготовлення реактопластів. Технологічний процес виготовлення таких препрегів включає слідуючі операції:

1) просочування АЕ такими розчинами під вакуумом або під тиском: в АЕ не повинні залишатися газові включення, в яких адгезія смоли до поверхні АЕ відсутня;
2) дозування розчину смоли на поверхні АЕ (надлишкова кількість смоли обов”язково повинна виходити із препрегів у вигляді грату при пресуванні);
3) сушка просочених АЕ з рекуперацією розчинника ;
4) укладка між шарами просочених АЕ антиадгезійного шару у вигляді плівки або виготовлення розчинів термоактивних смол, або їх просочувальних компаундів;
5) склотканини, яка б заважала злипанню шарів препрега при скручуванні його в рулон;
6) доставка препрегів в рулонах замовнику при температурі сухого льоду (-18 С).

2. Препреги на основі термопластів та термоеластопластів одержують методами плетіння тканини, в яких волокна утка утворюють матрицю, а волокна основи є АЕ. При нагріванні та пресуванні таких тканин у формі одержують тверді або еластичні вироби після охолодження.

2.8. Позначення назв різних типів композиційних матеріалів

При позначенні назв ПКМ, а точніше для ТП та РП, на першому місці вказують природу АЕ, а на другому – слово «пласт» або «пластик». Якщо АЕ є волокном, то на другому місці ставлять слово «волокніт». Наприклад, склопластик може мати в якості АЕ дискретні скляні волокна. Якщо АЕ в даному випадку – довгомірні волокна, то цей матеріал можна назвати скловолокнітом, в якому волокна мають хаотичну або одновісну орієнтацію. Якщо скляні волокна переплетені у вигляді тканини, то це буде «текстоліт» (терміном «склотекстоліт» користуватися не прийнято).

Для назв металевих КМ на першому місці вказуюь природу матриці, а на другому – природу АЕ, наприклад, КМ Cu-W (мідь-вольфрам): Cu є М , а W є АЕ. Для інших класів КМ термінологія ще не зформувалася.

2.9. Термоеластопласти (ТЕП)

Якщо ПКМ при кімнатній температурі перебувають у високоеластичному (гумоподібному) стані, то їх називають еластомерами. Якщо еластомери мають лінійні або розгалужені макромолекули і при нагріванні плавляться, то їх називають термоеластопластами – ТЕПами (наприклад, поліуретан).

На стадії виготовлення виробів із ТЕПів використовують олігомери, які хімічно взаємодіють з утворенням лінійних або розгалужених молекул. Із ТЕПів виготовляють взуття, шкірозамінники, привідні паски ,футеровку хімічних реакторів, тощо.

2.10. Гумові суміші (ГС), гуми та ебоніт

Гумові суміші – це суміші на основі каучуків, макромолекули яких мають лінійну або розгалужену будову. На стадії виготовлення таких ПКМ матриця утворюється із пластичних ГС, які після хімічної реакції зшивки молекулами сірки (вулканізації) перетворюються в гуму. Макромолекули гуми зв'язані між собою міцними хімічними зв'язками,утвореними двовалентними атомами сірки. Гума в розчинниках каучука не розчиняється. При нагріванні гума не переходить в в'язкий або пластичний стан.

Із гуми виготовляють армовані шини, труби, взуття, паски, футеровку цистерн для зберігання агресивних хімічних речовин,тощо, матеріал яких має всі ознаки ПКМ. Гума з густою сіткою поперечних зв'язків зовсім втрачає еластичність, стає жорстким хімічно стійким матеріалом, що називається ебонітом.

3. Класифікація КМ за армуючими елементами

3.1.Класифікація армуючих наповнювачів за геометричною формою елементів

Армуючі наповнювачі (АН) по геометричній формі елементів класифікують наступним чином:

1. Дисперсні АН, наприклад, в асбоцементних трубах тощо.
2. Дискретні АН, наприклад, в деревинно-стружкових пластиках (ДСП) тощо.
3. Довгомірні (безперервні) волокна та проволоки, наприклад, в скловолокнітах та в металокорді шин тощо.
4. Полімерні плівки та стрічки, металеві фольга та стрічка, наприклад, в гумових шлангах високого тиску, в п'ятишарових рукавних оболонках для упаковки м'ясних продуктів тощо.
5. Сфери (світловідбиваючі автодорожні щити)

3.2. Класифікація армуючих наповнювачів з хаотичним розміщенням в об"ємі композиційного матеріалу

1. Дисперсні АЕ, наприклад, графіт, тальк, кварцевий пісок, канальна сажа, біла сажа, аерозоль, скляні мікросфери, каолін, крейда, порошки металів тощо.
2. Дискретні АЕ із стружки, волокон целюлози, асбеста, скловолокон рублених насипом у вигляді: паперу,картону тощо.
3. Безперервні волокна, наприклад, неткані матеріали, скловата, войлок , базальтовий ровінг, тощо.

3.3. Класифікація дисперсних армуючих наповнювачів за формою елементів

Дисперсні АН мають наступні форми елементів:

1. Неправильну геометричну форму (кварцевий пісок тощо).
2. Правильну сферичну форму (пустотілі скляні мікро сфери на світло відбивних покриттях.
3. Плоскі пластини та мікролуска (графіт, слюда, тальк тощо)розміром до 1 мкм.
4. Ниткоподібні кристали(азбест) та віскери (вуса) насипом або у вигляді паперу, картону.

3.4.Класифікація неорганічних дисперсних армуючих наповнювачів

1. Металеві порошки Ni, бронзи, Cu, Al, Fe, вольфраму W, молібдену Mo, Cr, хрому,

   феромагнітів Fe,Co,Ni.

2. Мінеральні порошки:

1) Аеросилу SiO_2 (зміцнюючий ефект).
2) Азбесту $MgO \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$.
3) Білої сажі $SiO_2 \cdot H_2O$.
4) Бентоніту $Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot 2H_2O$ (пластинчата форма 0,2-2 мкм).
5) Каоліну $Al_2O_3\ 2SiO_2 \cdot 2H_2O$.
6) Кварцевий пісок SiO_2.
7) Слюди $K_2O \cdot 3Al_2O_3 \cdot 6H_2O$ (пластинчаста форма 5 мкм).

8) Талька $3MgO \cdot 4SiO_2 \cdot H_2O$ (форма луски 5мкм).

9) Крейди $CaCO_3$.

10) Магнітного залізняка $FeO \cdot Fe_2O_3$.

11) Скляні рублені волокна, мікросфери (SiO_2, Na_2O, CaO, MgO, Ka_2O, Al_2O_3, Fe_2O_3).

12) Базальтові рублені волокна $SiO_2 \cdot Al_2O_3 \cdot TiO_2 \cdot Fe_2O_3 \cdot CaO \cdot MgO \cdot Na_2O_3$.

13) Цемент $3CaO \cdot Al_2O_3$.

14) «Вуса» (віскери) із нітриду кремнію Si_3N_4.

15) Дисульфіду молібдена MoS_2 (антифрікційні властивості).

16) Сульфіду барію $BaSO_4$ (зносостойкість).

17) Оксиду цинку ZnO (пігмент).

18) Вспінений перліт.

19) Оксиду тітану TiO_2 (пігмент).

3.5. Класифікація за природою дисперсних та дискретних органічних АН

1. Деревинна мука, стружка тощо.
2. Рослинні волокна.
3. Відходи бавовняного виробництва.
4. Відходи целюлозного виробництва.
5. Пробкова мука (для зменшення ваги КМ).
6. Лузга соняшників, горіхів.
7. Кукурудзяні качани.
8. Відходи переробки льону.
9. Полімерні наповнювачі: сфери полістиролу, порошки поліетилену, політетрафторетилену, крихти із відходів поліетилентерефталату тощо.
10. Солома, очерет (відомі з давнини природні АН)

3.6. Класифікація дискретних АН за формою елементів

Термін „ дискретні елементи” використовують для часток, розміри яких перевищують 100 мкм і досягають до 100 мм (наприклад, щебень у бетоні).

1. Рублені волокна, проволоки, ровінги тощо, довжиною більше 0,5мм.
2. Ниткоподібні кристали довжиною більше 0,5мм, (наприклад азбест), насипом або у вигляді паперу, картону, матів тощо.
3. Луска та пластини розміром більше 0,5мм, наприклад слюди тощо.
4. Частинки неправильної геометричної форми розміром більше 0,5мм, наприклад, крихти або стружка із дерева для виготовлення ДСП (деревостружкових пластиків) тощо.

3.7. Класифікація шарових КМ по розмішенню АЕ у просторі

1. Одновісно армовані КМ з плоским розміщенням арматури в моношарі, наприкла, шпон: це анізотропні КМ.
2. Двухвісно армовані КМ з плоским розміщенням арматури (АН) в моношарі, наприклад сітки, тканини, папери тощо: в площині укладки моношару АН ці КМ псевдоізотропні; якщо це багатошарові КМ, набрані із пакетів, то вони ортотропні.
3. Трьохосно армовані КМ з просторовим розміщенням арматури (АН), наприклад, теплові екрани антиабляційного захисту носових частин ракет та космічних кораблів при входженні у щільні шари атмосфери. Ці КМ є трансверсально ізотропними.

3.8. Класифікація шарових КМ за систем укладки анізотропного шпона

В плоско армованому анізотропному моношарі шпону міцність вздовж укладки волокон значно перевищує міцність у поперечному напрямі. В монолітному блоці із КМ відношення між σ_1 та σ_2 залежить від кількості *N* шарів, укладених вздовж, та *M* шарів, укладених поперек КМ. Якщо *N=M*, то в такому блоці із КМ $\sigma_1=\sigma_2$, тобто в площині укладки КМ буде псевдоізотропним матеріалом. Система укладки шарів в такому КМ визначається як 1:1.

Якщо в поперечному напрямку укладено по одному шару, а в повздовжньому – наприклад, 5 шарів, то така система буде визначатися як 1:5. Міцність такого КМ у повздовжньому напрямі $\sigma_1 = 5\sigma_2$, тобто такий КМ буде анізотропний в площині укладки.

Наприклад, міцність фанери σ_1 та σ_2 в ортогональних осях у площині укладки анізотропних моношарів шпона залежить від кількості шарів, укладених в повздовжньому *N*, та поперечному *M* напрямках. Такі КМ називаються ортогонально армованими.

3.9. Класифікація упорядковано армованих КМ за складністю АЕ

1. Армовані КМ з АЕ однієї і тієї ж природи та геометричної форми, тобто моноармовані КМ, наприклад, гетінакс, в якому у всіх моношарах використовується один і той же папір.
2. Прості поліамовані КМ, в яких використовуються АЕ одної і тої ж форми, але різної природи в різних моношарах, наприклад, лінолеум з тканинним теплоізоляційним шаром із синтетичних волокон.
3. Комбіновані поліармовані КМ, в яких використовується АЕ різної природи та форми в різних шарах, наприклад, еластичні гумові шланги високого тиску, армовані кордними синтетичними нитками, сталевою тонкою проволокою та стрічкою в різних шарах циліндричної форми.

3.10. Типи просторового армування КМ за формою виробів

1. Плоске просторове армування КМ, наприклад, в листах, плитах тощо. Осі симетрії розташовані таким чином: вісь 1-вздовж основи тканини; вісь 2-вздовж утка тканини; вісь 3-в трасверсальному напрямі.
2. Циліндричне просторове армування КМ, наприклад, в трубах тощо. Осі координат розташовані таким чином: вісь 1 - в тангенціальному напрямі, оскільки $\sigma_1 = 2\sigma_2$,якщо труба працює під тиском; вісь 2 - в аксіальному напрямі; вісь 3 - в радіальному напрямі, тобто трансверсально до стінки труби.
3. Полярне просторове армування, наприклад в супермаховиках або велосипедних колесах, виконується методом плетіння по схемах 3D і 4D. Технологія полярного плетіння трьома взаємноортогональними нитками виробів з полярним армуванням розроблена порівняно недавно. При такому плетінні радіальні нитки вплітаються в оправку - металічну (стальну або титанову) втулку, від якої вони відходять в радіальному напрямі.

Оскільки в супермаховиках найбільші напруження виникають в радіальному напрямі, то вісь 1 розміщують радіально, вісь 2 – тангенціально, вісь 3 – в аксіальному напрямі, тобто трансверсально по товщині диска маховика. При такому розташуванні осей координат $\sigma_3 < \sigma_1$ і $\sigma_3 < \sigma_2$.

4. Тороїдне просторове армування, наприклад, в шинах.

3.11. Способи плетіння довгомірних АВ

Довгі («безперервні») волокна із неметалів та металічні проволоки за способами плетіння розділяють на:

1) Ровінги(моноволокна та проволоки не переплетені).
2) Кордні нитки та троси (моноволокна та проволоки переплетені у заданому порядку без поперечних зв'язків).
3) Плоскі моношари шпона (препреги із неметалів) та гумованого металокорда (проволоки).
4) Ткані шарові матеріали та металічні сітки (волокна та проволоки переплетені по схемам двох-, трьох-, чотирьох ниток).
5) Неткані шарові матеріали типу бумаги, войлока (волокна та проволоки хаотично переплетені між собою).

3.12. Методи посилення міжшарових зв'язків в КМ

Міжшарові звязки в шарових КМ визначають величину міжшарової зсувної (тангенціальної) міцності та міцності на відрив в трансверсальному напрямі. Для підсилення міжшарових зв'язків використовують такі методи:

1. Апретують поверхню АЕ, тобто обробляють її апретами - речовинами, які модифікують поверхню АЕ і збільшують адгезію М до АЕ.
2. Вводять апрети в середовище М; в такому стані апрети постійно діють на поверхню АЕ і збільшують адгезію.
3. Озонують поверхню АЕ або обробляють її коронним розрядом (плазменна обробка). На поверхні АЕ з'являються хімічно приєднані атоми кисню, які збільшують адгезію.

4. Проводять віскерізацію волокон (впершу чергу вуглецевих і борних). Віскери («вуса») у вигляді ниткоподібних кристалів, наприклад нітрида кремнія Si_3N_4, нарощуються або закріплюються в ортогональному напрямку до поверхні волокон. Міжшарові зв'язки між віскерізованими волокнами посилюються за рахунок з'єднуючої їх матриці.

5. Використовують нові ткацькі технології в системах плетіння по схемах 2-х, 3-х та 4-х ниток для одержання просторово-армованих КМ.

3.13. Методи віскерізації вуглецевих АВ (ВАВ)

1. Вирощування ниткоподібних кристалів-віскерів («вусів») на поверхні вуглецевих армуючих волокон(ВАВ) із нитриду кремнія Si_3N_4 методом осадження із газової фази.
2. Вирощування віскерів із двуокисі титану TiO_2 на поверхні ВАВ методом осадження із аерозоля.
3. Вирощування віскерів із нитриду алюмінія AlN методом осадження із суспензії при її фільтрації через тканину із ВАВ.

Всі методи дають хаотичне розміщення віскерів на поверхні ВАВ. При подальшій переробці (пресуванні) віскерізованих ВАВ «вуса» обламуються і у вигляді дисперсії розподіляться в КМ. Для зменшення частини обломаних віскерів готовлять препреги таким чином, щоб максимально зберегти віскери при пересуванні.

3.14. Класифікація ВАВ за методами виробництва

ВАВ за методами виробництва класифікують таки самим чином як і вуглецеві М.

1. ПАН-волокна: препрегами для виготовлення цього типу ВАВ є волокна із поліакрилонітрилу.
2. ГЦ-волокна: препрегами є волокна із гідратцелюлози.
3. Пекові волокна: препрегами є волокна із вугільних пеків.

При виготовленні ВАВ виконують такі ж самі операції, як і при виготовленні вуглецевих М з деякими особливостями:

1) Піроліз (окислення) при температурі 400° С супроводжується інтенсивною орієнтаційною витяжкою волокон, що веде до утворення в волокнах фібрильних кристалічних структур.
2) Дегідратація (відокремлення гідрогену) при температурі 1000°С в середовищі нейтрального газу (аргону) також супроводжується другою стадією орієнтаційної витяжки ВАВ.
3) Карбонізація ВАВ при температурі 1200° С в середовищі Ar під високим тиском веде до зміцнення вуглецевих фібрилярних структур (кристалічних і мезофазних).
4) Графітизація ВАВ при 2800° С в середовищі Ar під високим тиском дозволяє підняти міцність ВАВ до 5000 МПа (5 ГПа=$5\cdot10^{9}$ Па) при модулі пружності Е=600ГПа ($6\cdot10^{11}$Па).

3.15. Класифікація просторово армованих волокнистих КМ за системою плетіння

1. Шарові просторово армовані волокнисті КМ з системою плетіння 2D (системою двух ниток) складаються з шарів тканини, в якій нитки основи виходять із свого шару, проходять два шари, на прямолінійних волокнах утка третього шару роблять петлю і вертаються в свій шар. В такому КМ продольна міцність вздовж основи і поперечна міцність вздовж утка близькі за величиною. Трансверсальна міцність, яка визначає зв'язки між шарами, залежить від кількості таких петель, розміщених у трансверсальному напрямку. Якщо $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3$ то такий КМ є трансверсально ізотропним матеріалом.
2. Шарові просторово армовані волокнисті КМ з системою плетіння 3D (системою трьох ниток) складаються з моношарів тканини або шпона, які прошиті в трасверсальному напрямі по всій товщині третьою ниткою. Якщо міцність КМ у трансверсальному напрямі σ_3 досягає міцності σ_1 вздовж основи і σ_2 - вздовж утка, то такий КМ є трансверсально ізотропним матеріалом.

3. Просторово армовані волокнисті КМ сплетені по системі 4D (по системі 4-х ниток) фактично утворюють один шар, в якому нитки заплетені таким чином, що їх напрями співпадають з 4-мя діагоналями куба. В таких КМ досягають більшої відповідності рівнянню $\square_1=\square_2=\square_3$, тобто вони являються трансерсально ізотропними. Тільки такі КМ можуть задовольняти потреби в абляційній стійкості теплових екранів в носовій частині космічних кораблів, при вході яких в щільні шари атмосфери нагрівається і обгорає обшивка при інтенсивному обтіканні її газами іоносфери. Високошвидкісне температурне напруження веде до розшарування КМ в першу чергу в зонах мікродефектів. Зміцнення КМ в трансверсальному напрямі заважає поширенню макротріщин в зонах мікродефектів.

3.16. Класифікація КМ за природою неорганічних АВ

До класу неорганічних АВ відносять:

1. Скляні АВ.
2. Базальтові АВ.
3. Боромісткі АВ.
4. Волокна із карбіду кремнія SiC.
5. Волокна борсик (боросіліцировані вуглецеві АВ).
6. КерамічніАВ із Ai_2O_3.
7. Азбестові волокна.

3.17. Класифікація за природою органічних АВ та плівок

Органічні АВ та плівки діляться на класи:

1. Природні АВ. 2. Хімічні АВ та плівки. 3. Синтетичні АВ та плівки.

До природніх АЕ відносять: 1 - бавовняні АВ; 2 - льяні АВ тощо.

До хімічних АЕ відносять АЕ, одержані методом хімічної модифікації природних речовин: 1- целюлозні плівки (целофан); 2 - віскозні АВ тощо.

До синтетичних АВ та плівок відносять всі волокна та плівки, одержані із синтетичних ТП (поліетилену, поліпропилену тощо).

3.18. Класифікація по природі металевих армуючих проволок та фольг

До металевих АЕ відносять:

1 - сталева проволока та стрічка (в еластичних шлангах високого тиску);
2 - вольфрамова проволока та фольга (в деталях носової частини ракет);
3 - молібденова проволока та фольга (в деталях арматури для агресивних середовищ);
4 - берилієва проволока та фольга (в токозйомниках під високою напругою);
5- тітанова проволока та стрічка (в самих навантажених вузлах ракет);
6- біметалеві проволоки та стрічки (в елементах регулювання температури).

4. КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ

Завдання № 1

Які матеріали не належать до штучних композитів?

1) деревинний брус, 2) фанера, 3) вуглепластик, 4) бороплastик.

Завдання № 2

Із яких компонентів складаються композиційні матеріали?

1) матриці , наповнювача та сітки, 2) матриці та наповнювача, 3) наповнювача та сітки, 4) сітки і затверджувача.

Завдання № 3

Які композити належать до деревних?

1) бетон, 2) текстоліт, 3) ДСП, 4) триплекс.

Завдання № 4

Зв’язувальна речовина композиту має назву:

1) зміцнювач, 2) армівний компонент, 3) матриця, 4) армівний наповнювач.

Завдання № 5

Яку роль у композитах виконує армівний наповнювач?

1) забезпечує в’язкість матеріалу, 2) забезпечує міцність матеріалу, 3) забезпечує пластичність матеріалу, 4) забезпечує твердість матеріалу.

Завдання № 6

Який матеріал належить до полімерних пластиків?
1) полікарбонат, 2) ДВП, 3) ДСП, 4) фанера.

Завдання № 7

Композити складаються:
1) з одного компонента, 2) сплаву заліза з карбоном, 3) з двох та більше компонентів, 4) із синтетичних матеріалів.

Завдання № 8

Яке місце у класифікації композиційних матеріалів за природою матриці займають деревинностружкові плити (ДСП)?

1) полімерні, 2) бітумні, 3) цементні 4) керамічні КМ.

Завдання № 9

Захисні каски виготовлені методом трансферного пресування. Дати характеристику орієнтації армуючих елементів у просторі.

1) хаотична, 2) одномірноупорядкована, 3) двумірноупорядкована, 4)тримірноупорядкована.

Завдання № 10

Яке місце в класифікації композиційних матеріалів за природою матриці займає руберойд?

1) полімерні, 2) бітумні, 3) цементні, 4) керамічні КМ.

Завдання № 11

До якого класу полімерних композитів відносять кевларові пулезахисні бронежелети?

1) термопластів, 2) термоеластопластів, 3) реактопластів, 4) інше.

Завдання № 12

До якого класу полімерних композитів відносять армовані гнучкі полімерні шланги?

1) термопластів, 2) реактопластів, 3) термоеластопластів, 4) інше.

Завдання № 13

Які армуючі елементи у поручні ескалатора?

1) волокна, 2) проволока, 3) плівка, 4) фольга.

Завдання №14

Які армуючі елементи у лінолеумі?

1) волокна, 4) плівка, 2) шпон, 4) тканина.

Завдання №15

Які армуючі елементи у фанері?

1) волокна, 2) тканина, 3) шпон, 4) плівка.

Завдання № 16

Яка природа армуючих елементів у пулезахисних бронежелетів?

1) базальтові, 2) вуглецелові, 3) кевларові волокна, 4) скляні волокна.

Завдання № 17

Яке місце в класифікації композитів за природою матриці займає азбошифер?

1) цементний, 2) бітумний, 3) полімерний, 4) керамічний КМ.

Завдання № 18

Поручні ескалатора виконані з:

1) ізотропного, 2) анізотропного, 3) ортотропного композита, 4) трансверсально ізотропного.

Завдання № 19

Лопатки авіаційних турбокомпресорів:

1) ізотропні, 2) анізотропні, 3) ортотропні, 4) трансверсально ізотропний.

Завдання № 20

Автомобільні шини: дати характеристику складності армуючих елементів.

1) моно-, 2) поліармовані, 3) комбіновано поліармовані, 4) неармовані.

Завдання № 21

Автомобільні шини: який тип армування у просторі у зв'язку з формою виробу?

1) плоске, 2) циліндричне, 3) полярне, 4) тороїдальне.

Завдання № 22

Маховик: який тип армування у просторі в зв'язку з формою виробу?

1) плоске, 2) циліндричне, 3) полярне, 4) тороїдальне.

Завдання № 23

Азбошифер: дати характеристику армуючих елементів.

1) дисперсні, 2) дискретні волокна, 3) безперервні волокна, 4) пластинки.

Завдання № 24

Автодорожні світловідбиваючі знаки: дати характеристику геометрії армуючих елементів.
1) дисперсні, 2) дискретні волокна, 3) безперервні волокна, 4) сфери.

Завдання № 25

Гетінакс: яка орієнтація у просторі армуючих елементів?

1) хаотична, 2) одномірноупорядкована, 3) двомірноупорядкована, 4) тримірноупорядквана.

Завдання № 26

Лопатка авіаційного турбокомпресора: яка орієнтація у просторі армуючих елементів?

1) хаотична 2) одномірноупорядкована, 3) двомірноупорядкована, 4) тримірноупорядквана.

Завдання № 27

Деревинностружкові плити: яка орієнтація у просторі армуючих елементів?

1) хаотична, 2) одномірноупорядкована, 3 двомірноупорядкована, 4) тримірноупорядквана.

Завдання № 28

Гнучкий шлан високого тиску: дати характеристику складності армуючих елементів.

1) моноармований, поліармований, 3) комбіновано поліармований, 4) інше.

Завдання № 29

Лінолеум на тканевій основі: дати характеристику орієнтації армуючих елементів у просторі.

1) хаотична, 2) одномірноупорядкована, 3) двомірноупорядкована, 4) тримірноупорядквана.

Завдання № 30

Багатошарова полімерна оболонка для ковбас: дати характеристику орієнтації армуючих елементів у просторі.

1) хаотична, 2) одномірноупорядкована, 3) двомірноупорядкована, 4) тримірноупорядквана.

Завдання № 31

Якщо будову композиційного матеріалу записати математичною формулою
композит = наповнювач + ?

1) матриця, 2) метали, 3) тирса деревини, 4) вуглецеві волокна.

Завдання № 32

Якщо будову композиційного матеріалу записати математичною формулою композит = матриця + ?

1) епоксидна смола, 2) армуючі наповнювачі, 3) бітум, 4) гіпс.

Завдання № 33

Що не відноситься до неорганічних армуючих волокон?

1) скляні АВ, 2) базальтові АВ, 3) боромісткі АВ, 4) вуглецеві АВ.

Завдання № 34

Що відноситься до органічних армуючих волокон?

1) базальтові АВ, 2) скляні АВ, 3) рослинні АВ, 4) боромісткі АВ.

Завдання № 35

Що відноситься до неорганічних армуючих волокон?

1) вуглецеві АВ, 2) скляні АВ, 3) рослинні АВ, 4) целюлозні АВ.

Завдання № 36

Що відноситься до металевих армуючих елементів?

1) берилієва фольга, 2) скляні АВ, 3) рослинні АВ, 4) вуглецеві АВ.

Завдання № 37

Що не відноситься до дискретних армуючих наповнювачей?

1) щебень у бетоні, 2) пісок, 3) борсик, 4) тальк.

Завдання № 38

Що не відноситься до неорганічних дисперсних армуючих наповнювачів?
1) металеві порошки, 2) мінеральні порошки, 3) каолін, 4) рослинні волокна.

Завдання № 39

В якості матриці у термопластах може використовуватись:
1) епоксідна смола, 2) поліпропілен, 3) кераміка, 4) пластичний метал.

Завдання № 40

В якості матриці в реактопластах може використовуватись:
1) поліпропілен, 2) фенолоформальдегідна смола, 3) кераміка, 4) полістірол.

Завдання № 41

До дисперсних армуючих елементів відноситься:

1) стружка, 2) тальк, 3) волокна целюлози, 4) скловолокно.

Завдання № 42

До полімерних композиційних матеріалів відноситься КМ з матрицею:
1) епоксидною, 2) керамічною, 3) металевою, 4) цементною.

Завдання № 43

Яке місце в класифікації композитів за природою матриці займають автомобільні тормозні диски, які можуть перегріватися до високих температур?

1) полімерні, 2) керамічні, 3) металеві, 4) цементні КМ.

Завдання № 44

Яке місце в класифікації композитів за природою матриці займають тонкі високообертові абразивні круги для шліфувальних машин?

1) полімерні, 2) керамічні, 3) металеві, 4) цементні КМ.

Завдання № 45

До якого класу полімерних композитів відносяться деревинностружкові плити (ДСП)?

1) термопластів, 2) реактопластів, 3) термоеластопластів, 4) інше.

Завдання № 46

До якого класу полімерних композитів відносяться литі подошви для взуття?

1) термопластів, 2) реактопластів, 3) термоеластопластів, 4) інше.

Завдання № 47

До якого класу полімерних композитів відносять багатошарову полімерну оболонку для ковбас?

1) термопластів, 2) реактопластів, 3) термоеластопластів, 4) інше.

Завдання № 48

Що з наведеного відноситься до олігомерів?

1) бетон, 2) фенолформальдегідна смола, 3) кераміка, 4) полістірол.

Завдання № 49

Препреги – це листи тканих або нетканых волокнистих матеріалів, просочених:

1) водою, 2) тільки затверджувачами, 3) затвердженими полімерами,

4) незатвердженими полімерними сполучними.

Завдання № 50

Компаунди – це композиція з:

1) різних олігомерів, 2) металів, 3) металів і кераміки, 4) бетона і заліза.

5. КЛЮЧІ ДО ВІДПОВІДЕЙ

№ завдання	Відповідь	№ завдання	Відповідь	№ завдання	Відповідь
1	1	18	2	35	2
2	2	19	2	36	1
3	3	20	3	37	3
4	3	21	4	38	4
5	2	22	3	39	2
6	1	23	1	40	2
7	3	24	4	41	2
8	1	25	1	42	1
9	1	26	2	43	3
10	2	27	1	44	2
11	1	28	3	45	2
12	3	29	3	46	3
13	2	30	3	47	1
14	4	31	1	48	2
15	3	32	2	49	4
16	3	33	4	50	1
17	1	34	3		

Література

1. Верещака С. М. Механіка композиційних матеріалів : навчальний посібник / С. М. Верещака. – Суми : Сумський державний університет, 2013. – 160 с.
2. Конспект лекцій з дисципліни «Композиційні будівельні матеріали» (для студентів 4 курсу денної і 5 курсу заочної форм навчання напряму 6.092100 (6.060101) «Будівництво» спеціальності «Міське будівництво та господарство») . – О.В. Кондращенко. – Харків: ХНАМГ, 2009. – 68 с.
3. Технологія композиційних матеріалів: Навчальний посібник /Гончаренко В.В., Коваленко І.В. – К.: 2007.-131 с.
4. Композиційні матеріали: Навчальний посібник / Копань В.С – К.: «Пульсари», 2004 – 200 с.
5. Джурка Г.Ф. Полімерні композиційні матеріали - Полтава, 2008 – 58 с.