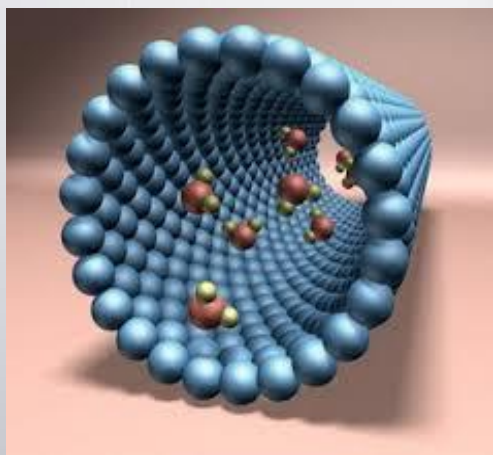




СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
кафедра електроніки, загальної та
прикладної фізики



Композитні матеріали

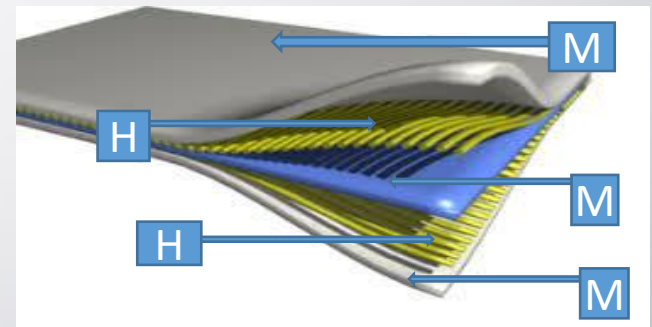


доц. Шумакова Н.І.

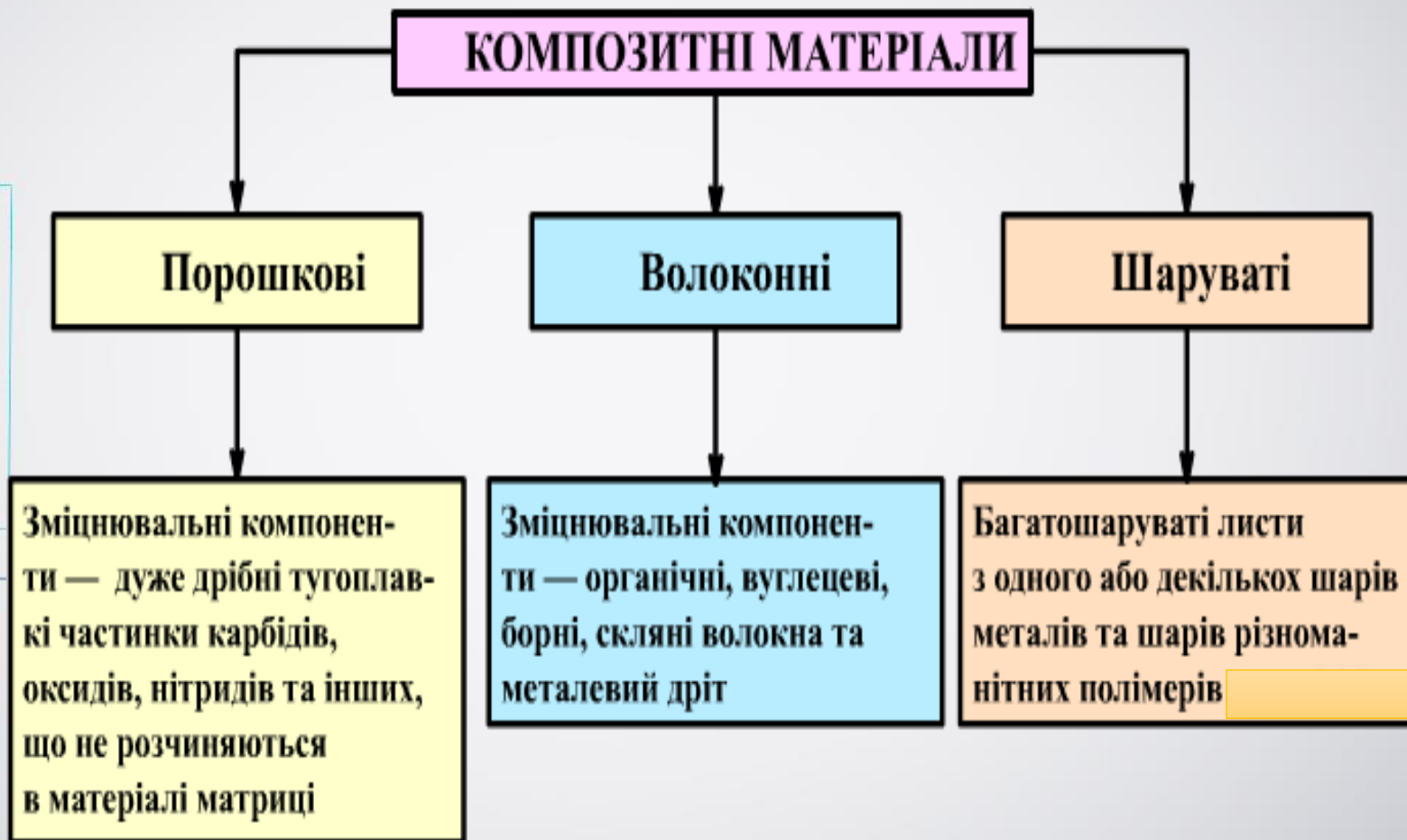
СУМИ 2020

Загальна інформація

- **Композитний матеріал** (КМ), або **композит** — гетерофазний матеріал, окремі фази якого виконують специфічні функції, забезпечуючи йому властивості, яких не має жодний з компонентів окремо.
- **Композитні матеріали** – це штучні матеріали, отримані поєднанням компонентів з різними властивостями. Композитні матеріали конструктивно складаються з **матриці (основи)** та **наповнювача** (рис. 1.1).
У якості матеріалу матриць використовуються: полімерні, металеві, керамічні та вуглецеві матеріали.
- **У якості наповнювача** – скло; борні, вуглецеві, органічні, ниткоподібні кристали (карбідів, боридів, нітрідів та ін.) і металеві дроти.



Класифікація композитних матеріалів



Класифікація композитних матеріалів

- **КМ класифікують за рядом ознак:**
- **за формою зміцнювального компонента** (волокнисті, дисперсно-зміцнені, шаруваті). Волокна можуть бути безперервними і дискретними;
- **за видом матеріалу матриці** (металеві, керамічні, полімерні, вуглецеві);
- **за схемою армування** (для волокнистих матеріалів) — з одновісним, двовісним, тривісним та багатовісним армуванням;
- **за видом матеріалу зміцнювача** (металеві частинки, металеві волокна і шари, вуглецеві, борні, скляні, органічні, керамічні волокна). Залежно від технології введення армувальних волокон у матрицю застосовують різні форми армувальних елементів — нитки, джгути, стрічки, тканини.

Класифікація КМ за матеріалом матриці

- Найбільш важливими ознаками класифікації КМ є матеріал матриці.
- КМ з металевою матрицею називають металевими композиційними матеріалами МКМ, з полімерною матрицею - полімерними композиційними матеріалами ПКМ, з керамічною - керамічними композиційними матеріалами ККП. КМ, що містять два і більше різних за складом матричних матеріалів, називають поліматричного.
- **КМ з матричної структурою діляться на хаотично-армовані і впорядковано-армовані (рис. 1.2).** Хаотично-армовані КМ містять армуючі елементи у вигляді дисперсних включень, дискретних або безперервних волокон.

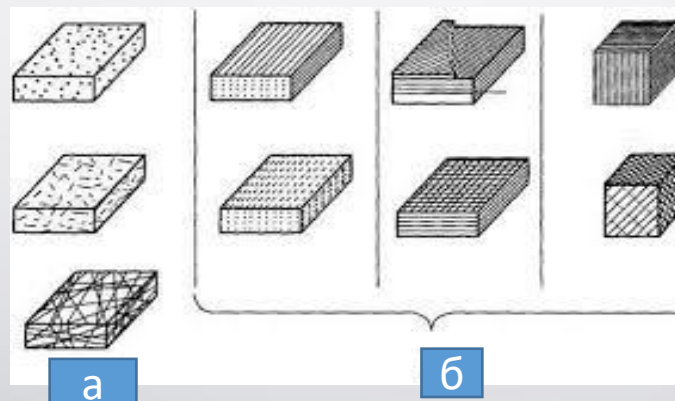


Рисунок. 1.2. – Класифікація композиційних матеріалів за конструктивною ознакою: хаотичні (а), одномірні і просторово армовані (б)

Методи виготовлення композиційних матеріалів

- Для виробництва полімерних композиційних матеріалів частіше застосовують **скляні, вуглецеві, борні і органічні волокна**.
- **Скляні волокна**. Склопластики є одними з найбільш вживаних композиційних матеріалів, що зумовлено їх високими властивостями і відносно невисокою вартістю. **Для виробництва склопластиків використовуються скляні волокна різного типу. Основу скла становить SiO_2 .**
- Температура плавлення діоксиду кремнію дуже висока, для її зниження в скло можуть бути введені різні добавки, що змінюють при цьому властивості кінцевого продукту. **Скло - це аморфний матеріал, який не має кристалічної будови.**
- **Широку поширеність скляних волокон зумовлює їх спектр переваг:**
 - відносно невисока щільність волокон;
 - високий рівень міцності в умовах дії напруг, що розтягують, питома міцність (відношення межі міцності до щільності) скловолокна вище, ніж сталевого дроту;
 - хороші електроізоляційні властивості;
 - волокна не горять і не підтримують горіння;
 - можливість експлуатації при підвищених температурах;
 - низький коефіцієнт лінійного температурного розширення і високий коефіцієнт теплопровідності;
 - хімічна стійкість, стійкість до дії грибків, бактерій і комах;
 - підвищена вологостійкість, збереження високих характеристик міцності властивостей в середовищах з підвищеною вологістю.

Методи виготовлення композиційних матеріалів

- **Вугцеві волокна.** Унікальним видом зміцнюючих волокон є вугцеві волокна (ВВ).
- **Обсяг застосування вугцевих волокон при виготовленні композиційних матеріалів постійно зростає, що пояснюється високим рівнем їх властивостей:**
 - за питомими показниками вугцеві волокна перевершують всі жаростійкі волокна;
 - межа міцності високомодульних ВВ становить 2,5 – 3,5 ГПа;
 - модуль пружності дорівнює 200 – 700 ГПа;
 - щільність вугцевих волокон (1600 – 1800) кг/м³ нижче щільності графіту (2260 кг/м³), що пов'язано з великою пористістю волокон і їх менш досконалою структурою;
 - висока хімічна стійкість до дії більшості агресивних середовищ характерна для ВВ.
- Залежно від умов обробки вугцеві волокна діляться на карбонізованого і графітованого. Температура термічної обробки карбонізованого волокон становить **900 – 47 2000 °С**, вміст вуглецю в них - 80 – 99 %. При отриманні графітованих волокон температура термообробки досягає 3000 °С. Вуглецю в них міститься більше 99 %. Для проведення графітизації, як правило, використовують карбонізовані волокна.

Виробництво вуглецевих волокон

- **Виробництво ВВ** засноване на нагріванні полімерів в інертному середовищі та їх термічній деструкції.
- Карбонізація і графітизація проводяться в вакуумі, в різних контрольованих середовищах (метан, азот, аргон), а також у вугільній, коксовій і графітовій засипках.
- Під час розкладання полімерів утворюються летючі продукти і залишається твердий коксовий залишок. Перетворення органічних волокон в вуглецеві волокна пов'язано з протіканням складних реакцій, кардинальною зміною структури при збереженні елементів первісного полімерного скла.
- Для отримання ВВ використовують тільки волокнисті полімери, що не плавляться при термічній обробці і забезпечують в кінцевому продукті високий вихід по вуглецю і високі механічні властивості. До таких полімерів відносять поліакрилонітрильні волокна, гідратоцеюлозні волокна, багаті вуглем пеки (звичайні і мезофазних) і органічні волокна, отримані з фенольних смол.

Борні волокна

Важливо підкреслити, що композиційні матеріали різняться від звичайних сплавів за такими параметрами:

- - більш високими значеннями тимчасового опору;
- - високою межею витривалості;
- - модулем пружності;
- - коефіцієнтом жорсткості;
- - зниженою схильністю до утворення тріщин.

Зміцнення алюмінію, магнію та їх сплавів відбувається із застосуванням борних волокон, волокон з тугоплавких сполук карбідів, нітридів, боридів та оксидів. Цим самим забезпечується висока міцність і модуль пружності. Титан і його сплави армують молибденовим дротом, волокнами сапфіру, карбідом кремнію і борідом титану.

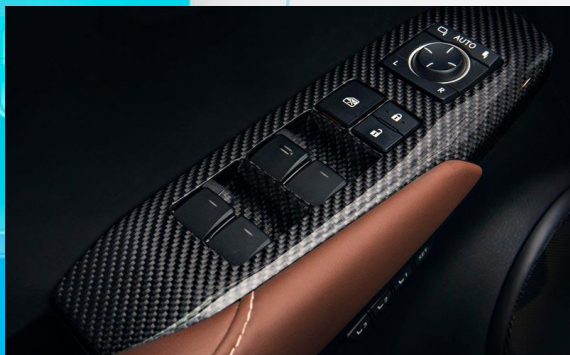
Жароміцність нікелевих сплавів досягається армуванням вольфрамової чи молибденової дротом. Металеві волокна використовують і в тих випадках, коли потрібні високі теплопровідність і електропровідність.

Поширеними матеріалами для високоміцних і високомодульних волокнистих композиційних матеріалів є ниткоподібні кристали з оксиду і нітриду алюмінію, карбиду і нітриду кремнію, карбиду бору.

Таким чином композиційні матеріали на металевій основі мають високу міцність і жароміцність. Одночасно вони малопластичні. Волокна в таких матеріалах зменшують швидкість поширення тріщин і практично повністю припиняють раптове крихке руйнування.

Основні сфери застосування

- У якості наповнювачів композиційних матеріалів, термоізоляційних, термозахисних або струмопровідних елементів, ефективних сорбентів.
- Створення конструкцій сучасної ракетно-космічної техніки, які використовуються в умовах високих температур і підвищених термомеханічних навантажень, не ефективне без використання деталей з вуглеволоконних композиційних матеріалів. **Вуглецеві матеріали виявилися особливо затребуваними в оборонній промисловості** завдяки поєднанню високих показників міцності, хімічної і термічної стійкості, електро- і теплопровідності – наряду з низькою щільністю.
- Вуглецеві текстильні матеріали широко використовуються в авіа-, автомобілі та судобудуванні, а також в текстильному машинобудуванні. **Карбон на 40% легше сталі і на 20% – алюмінію.** Вуглепластикові деталі легше і міцніше склопластикових. Але парадокс: автолюбители полюбили карбон не за його видатні властивості, а за оригінальний дизайн. Мода на карбонові накладки пішла зі спортивних машин, але там вони мали чітке призначення: максимум міцності при мінімальній вазі. Автовиробники для автомобілів преміум сегмента використовують вуглеволокно для зниження загальної маси машини. Так, компанія BMW для нової «сьомої серії» використовує технологію Carbon Core, що дозволило полегшити машину на 130 кілограм.
- Термостабілізовані ВВ застосовуються для виробництва технічного текстилю промислового призначення та засобів індивідуального захисту. Відоме використання вогнестійких тканин для захисних костюмів пожежників – під дією вогню ці волокна не виділяють токсичних газів. Основними перевагами цих виробів є висока міцність у поєднанні до стійкості до дії підвищених температур.



Основні сфери застосування

- У якості виробів, що захищають від електромагнітних випромінювань, використовуються рукавички і шкарпетки.
- Сорбційно-активні властивості вуглецевих матеріалів дозволяють використовувати їх як фільтрувальний матеріал для очищення питної води від хімічних забруднень, повітря від шкідливих викидів та медицині.
- Вуглецеві сорбційно-активні матеріали у вигляді серветок ефективні для лікування опікових і післяопераційних ран, трофічних виразок. Вуглецеві матеріали використовуються також для ендопротезування сухожиль і зв'язок, маючи властивість не відторгатися живим організмом.
- Електропровідні властивості вуглецевих ниток дозволили використовувати їх у якості нагрівального елемента в текстильних виробах з електропідігрівом. Наприклад, жилет, устілки, рукавички для захисту від переохолодження під час тривалої роботи в умовах знижених температур, спальні мішки, пледи, накидки на крісло, що створюють комфорт і затишок під час відпочинку. Для надання міцності та каркасності готові текстильні матеріали можуть піддаватись термообробці.
- Обсяги світового виробництва ВВ та матеріалів на їх основі на теперішній час постійно зростають, що пов'язано з розвитком авіакосмічної, автомобільної та інших галузей промисловості. Домінуюче місце у виробництві вуглецевих матеріалів займають провідні розвинені країни, як США, Японія, Німеччина, Австрія, Чехія.



Майбутнє вуглецевого волокна

- Через свою високої міцності на розрив і легкий, багато хто вважає, вуглецеве волокно є найбільш значущим для виробництва матеріалів нашого покоління. Вуглецеві волокна можуть відігравати все більш важливу роль в таких областях, як:

- Енергія:** Вітряк лопаті, зберігання природного газу і транспортування, паливні елементи.

- Автомобілі:** Використовувані в даний час тільки для високоефективних транспортних засобів, технології вуглецевого волокна рухаються в більш широке використання. General Motors оголосила, що вона працює на вуглецевих волокнистих композитів для масового виробництва автомобілів.

- Конструкція:** Легкий Збірний бетон, сейсмічна захист.

- Літаки:** оборони і комерційні літаки. Безпілотні літальні апарати.

- Розвідка нафти:** глибоководні бурові платформи, бурильні труби.



Завдання на практичну роботу!

1. Методи отримання та застосування композитних матеріалів у приладобудуванні (**вуглецеве волокно**).
2. Методи отримання та застосування композитних матеріалів у приладобудуванні (**борні і органічні волокна**).



Дякую за увагу!

