

Міністерство освіти і науки України  
Вінницький національний технічний університет  
Інститут машинобудування та транспорту  
Факультет технології, автоматизації та комп'ютеризації машинобудування

Затверджено  
Ученою радою ВНТУ  
протокол № \_\_\_\_\_  
від " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2008 р.

Проректор з науково-педагогічної  
роботи по організації навчального процесу та  
його науково-методичного забезпечення

\_\_\_\_\_ Романюк О.Н.  
\_\_27\_\_ \_\_09\_\_ 2013р.

**Навчальна програма дисципліни**  
**"Нові матеріали та композити"**

Напрямок підготовки 0902 – «Інженерна механіка»

Освітньо-кваліфікаційний рівень – бакалавр

Спеціальність: 6.090202 "Технологія машинобудування"

Автор: \_\_\_\_\_ Сивак І.О., д.т.н., професор, завідувач кафедри  
технології та автоматизації машинобудування

Розглянуто і схвалено на засіданні кафедри ТАМ

протокол № 23 від « 04 » 06 2013 р.

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_ Сивак І.О.

Програма прорецензована професором \_\_\_\_\_ Савуляком В.І.  
та схвалена на засіданні кафедри ТПЗ

протокол № \_\_\_\_\_ від « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 р.

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_ Савуляк В.І.

Розглянуто і схвалено на засіданні Методичної комісії інституту  
машинобудування та транспорту

протокол № 10 від « 12 » 06 2013 р.

Голова Методичної комісії ІнМТ \_\_\_\_\_ Буренніков Ю.А.

Голова Методичної комісії ФТАКМ \_\_\_\_\_ Козлов Л.Г.

Розглянуто і схвалено на засіданні Вченої ради інституту машинобудування та  
транспорту

протокол № \_\_\_\_\_ від « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 р.

Голова Вченої ради ІнМТ \_\_\_\_\_ Буренніков Ю.А.

Розглянуто і схвалено на засіданні Методичної ради ВНТУ

протокол № 2 від « 24 » 09 2013 р.

Голова Методичної ради ВНТУ \_\_\_\_\_ Леонт'єв В.О.

## **1. Мета та задачі дисципліни “Нові матеріали та композити”**

Метою викладання дисципліни “Нові матеріали та композити” є:

- освоєння основних методів розробки перспективних конструкційних матеріалів з новими фізико-механічними характеристиками;
- ознайомлення студентів з новими композиційними матеріалами та технологіями їх виробництва;
- освоєння нових конструктивних та технологічних методів виробництва напівфабрикатів та готових деталей із відповідних композицій;
- формування у студентів системного підходу до вирішення задач ефективного використання механічних характеристик композитів для удосконалення існуючих конструкцій різного призначення, та розробки принципово нових конструкцій та їх вузлів;
- освоєння основних інженерних методів розрахунків на міцність і жорсткість елементів конструкцій і деталей машин, виготовлених із композиційних матеріалів;
- ознайомлення з основними способами з'єднання композиційних матеріалів та методами їх механічної обробки.

## **2. Зміст дисципліни “Нові матеріали та композити”**

### 2.1. Вступ. Основні поняття, задачі та методи курсу.

Вступ. Задачі і методи курсу. Основні поняття і визначення. Композити, як конструктивні матеріали. Загальні уявлення про композити. Волокнисті і шаруваті композити. Дисперснозміцнені композити. Несучі елементи волокнистих і дисперсно зміцнених композитів. Поняття про гетеро фазні системи із двох і більше компонент. Основні ознаки конструкційних композиційних матеріалів.

*Питання які виносяться на СРС:*

*Компоненти волокнистих композитів. Армуючі волокна. Матричні матеріали. Структура дисперснозміцнених композитів. Структурні фактори, які впливають на міцність композитів.*

### 2.2. Основні властивості композиційних матеріалів

Класифікація композиційних матеріалів: по геометрії компонентів, по розміщенню компонентів. Основні властивості волокнистих композитів. Компоненти волокнистих композитів. Армуючі волокна. Матричні матеріали. Властивості границь розділу. Експлуатаційні та технологічні вимоги до матричних матеріалів. Сумісність волокон з матеріалами матриці. Залежність властивостей композитів від способів армування. Армування волокнами. Армування тканинами. Хаотичне і просторове армування.

*Питання які виносяться на СРС:*

*Прогнозування механічних властивостей композитів. Залежність механічних властивостей від об'ємної доли волокон. Модулі пружності вздовж і впоперек волокон. Руйнування волокон і релаксація напружень. Витягування волокон.*

### 2.3. Волокнисті композиційні матеріали

Волокнисті армуючі елементи. Неперервні волокна, їх форма і методи виготовлення. Скляні волокна, технології виготовлення і механічні характеристики. Види замаслювачів: технологічні та гідрофобноадгезійні. Ограничні волокна. Технології отримання та фізико-механічні характеристики. Вуглецеві волокна. Сировина для виготовлення вуглецевих волокон. Технологія виготовлення поліакрилонітрильних волокон і вуглецеві пеки. Структура вуглецевого волокна. Борні волокна. Методи отримання.

*Питання які виносяться на СРС:*

*Волокна карбиду кремнію. Вольфрамові та молібденові волокна. Волокна з металевими покриттями.*

### 2.4. Поверхні розділу та технології виробництва композитів

Поверхні розділу в композиційних матеріалах. Поняття про хімічну сумісність складових композиції. Термодинамічна сумісність. Фізична (механічна) сумісність. Типи хімічної взаємодії на поверхнях розділу. Залишкові напруження в композиційних матеріалах та їх природа. Фізико-хімічні процеси на внутрішніх поверхнях розділу. Вибір комбінації матриця-волокно на основі аналізу кінетики процесів взаємодії матеріалів матриці і волокна. Вплив стану поверхні розділу на механічні властивості композиції.

*Питання які виносяться на СРС:*

*Режими термічної обробки композитів. Вплив ізотермічних відпалів на характеристики міцності. Вплив сил зв'язку між компонентами на міцність композицій між поперечним напрямками.*

### 2.5. Методи виготовлення композиційних матеріалів

Основні промислові методи виготовлення композиційних матеріалів. Методи пропитки волокон розплавом матриці. Пропитки в інертній атмосфері. Технології виготовлення композиційних матеріалів, армованих дискретними волокнами. Пропитка в вакуумі. Методи отримання саморегулюємого вакууму. Комбіновані методи пропитки. Основні технологічні прийоми таких методів. Вакуумно-компресійна пропитка. Методи пропитки під тиском з попереднім вакуумом і без нього. Розрахункові методи визначення тиску пропитки.

*Питання, які виносяться на СРС:*

*Механічні властивості композиційних матеріалів, отриманих методом пропитки. Схеми установок для пропитки волокон рідкими металами. Особливості процесу дифузійного зварювання при виготовленні композитів.*

### 2.6. Структурна механіка та механіка руйнування композитів.

Основні поняття структурної механіки композитів. Вплив механічних характеристик компонент композита на величину структурних напружень. Характеристики пружності волокнистих та шаруватих матеріалів. Наближені методи визначення напружень в компонентах композицій. Критерії міцності структурних елементів. Основні поняття механіки руйнування композитів. Енергетичний підхід Гріффітса. Підхід оснований на понятті коефіцієнтів інтенсивності напружень. Особливості руйнування композитів. Види руйнування волокнистих та шаруватих композитів.

*Питання які виносяться на СРС:*

*Основні поняття аналітичної механіки руйнування. Методи аналізу стійкості тіл з тріщинами. Віртуальна робота, варіювання по Гріффітсу. Поняття про втому. Вплив параметрів процесу навантаження на інтенсивність накопичення пошкоджень.*

2.7. Методи визначення механічних характеристик композитів. Механічна обробка композитів.

Сучасні експериментальні методи визначення механічних характеристик композитів. Принципи вибору осей симетрії матеріалу і осей навантажень. Зразки для випробувань. Випробування на розтяг, стиск, зсув в різних площинах, кручення. Болтові, заклепочні, клеєві та зварні з'єднання композиційних матеріалів. Процеси формозміни. Механічна обробка (різання, сверління, фрезування, шліфування). Основні проблеми, які виникають при механічній обробці. Використання спеціальних методів та інструментів.

*Питання які виносяться на СРС:*

*Методи оцінки ефективності різних видів з'єднання композитів. Вибір показників якості. Комбіновані з'єднання. Вплив технологій реалізації з'єднань на їх міцність.*

2.8. Порошкові матеріали

Вихідні матеріали порошкової металургії. Методи отримання порошків. Загальна характеристика. Фізико-хімічні основи процесів відновлення. Найбільш важливі промислові методи відновлення заліза. Відновлення окисів міді, нікеля і кобальта. Відновлення окисів тугоплавких металів. Отримання порошків методами електролізу. Виготовлення порошків механічним подрібненням. Розпилення рідких металів і сплавів. Вибір методу виробництва порошку.

*Питання які виносяться на СРС:*

*Відновлення газами та вуглецем. Реакції, які ідуть при відновленні окисів заліза. Закономірності розмола металевих порошків. Загальні характеристики розмола.*

2.9. Методи отримання порошкових заготовок

Основні закономірності процесу пресування металевих порошків. Вплив тиску пресування на зміну пористості заготовок. Боковий тиск. Тертя між пористим матеріалом та поверхнею форми. Тиск випре совки, пружня післядія. Основні принципи пресування і типи пресформ. Короткі відомості про процес. Гідростатичне пресування, лікерне лиття, гаряче пресування. Прокатка металевих порошків. Порошкові вуглецеві та леговані конструкційні сталі. Антифрикційні та

ущільнювальні матеріали на основі заліза. Порошкові сталі спеціального призначення.

*Питання які виносяться на СРС:*

*Зміна структури та властивостей порошкових матеріалів при пресуванні. Розрахунок навішення і дозування шихти. Порошкові сталі інструментального призначення.*

## 2.10. Спінання порошкових матеріалів

Основні закономірності процесу спінання порошкових матеріалів. Закономірності і механізм ущільнення порошкових тіл при спінанні. Вплив середовища спінання на формування структури та властивості спечених матеріалів. Усадка та схильність до росту деяких матеріалів при спінанні. Методи активації процесів спінання. Основні поняття про спінання багатокомпонентних систем в твердій фазі. Системи з необмеженою взаємною розчинністю, та суміші з нерозчинних компонентів.

*Питання які виносяться на СРС:*

*Спінання залізо графітових пресованих заготовок. Вплив легуючих елементів на спінання. Вплив швидкості нагріву на кінетику спінання багатокомпонентних систем.*

## 3. Практичні (семінарські) заняття

В результаті проведення практичних (семінарських) занять студенти повинні:

- знати методи отримання армуючі елементів та їх основні фізико-механічні характеристики, механічні та фізичні характеристики матричних матеріалів, типи хімічної взаємодії на поверхнях розділу. Знати методи отримання порошків їх формування та спінання.

- вміти оцінювати міцність пучків волокон на основі інформації про механічні характеристики окремих волокон, вміти підбирати оптимальні композиції із армуючі та матричних матеріалів, виходячи із аналізу фізико-хімічних процесів на границях розділу. Обґрунтовано вибирати методи пресування порошків та режими спінання пресовок в залежності від призначення готових деталей.

Теми практичних занять

1. Визначення середньої міцності композитів та її дисперсії.

Визначення міцності пучків неперервних армуючих волокон і їх розрахункові схеми. Діаграма розтягу.

2. Робота руйнування композиційних матеріалів.

Основні поняття та особливості руйнування композитів. Енергетична теорія Гріффітса. Коефіцієнти інтенсивності напружень

3. Фізико-механічні та хімічні властивості поверхонь розділу.

Освоєння методів аналізу простих композиційних систем. Матричні матеріали. Властивості границь розділу. Експлуатаційні та технологічні вимоги до матричних матеріалів. Сумісність волокон з матеріалами матриці.

4. Вплив стану поверхонь розділу на механічні характеристики композитів

Міцність поверхні розділу. Руйнування композита від дотичних напружень, які виникають при руйнуванні волокон і перерозподілі напружень через поверхні розділу. Руйнування через знеміцнення волокон.

5. Модуль пружності волокнистих композиційних матеріалів.

Модуль пружності і модуль зсуву композиційних матеріалів. Експериментальні та розрахункові методи їх визначення.

6. Оцінка впливу масштабного фактора на міцність композиту.

Стохастичні моделі руйнування і масштабний ефект міцності. Порушення класичних законів подібності, яке має місце при механічних випробуваннях геометрично подібних зразків.

7. Накопичення пошкоджень у волокнистих композитах.

Моделі накопичення мікро пошкоджень в волокнистих композитах. Особливості накопичення пошкоджень при дії змінних напружень. Густина пошкоджень.

8. Методи ущільнення пористих матеріалів.

Основні закономірності процесу пресування порошків. Аналіз процесів пресування (гідропресування, прокатка і т.д.). Наближені розрахунки енерго-силових параметрів процесів пресування.

9. Спікання порошкових заготовок.

Закономірності і механізм ущільнення порошкових тіл при спіканні. Системи з обмеженою розчинністю, суміші з нерозчинних компонентів.

10. Пластична деформація пористих матеріалів.

Фізичні рівняння теорії пластичності пористого тіла. Методи визначення пористості (експериментальні і теоретичні). Розв'язок простих задач теорії пластичності пористого тіла.

#### **4. Лабораторні роботи**

В результаті проведення лабораторних робіт студенти повинні:

- знати методи розрахунків механічних та фізико-механічних характеристик композиційних та порошкових матеріалів. Знати сучасні методи випробувань та машини, прилади і пристосування для виконання таких випробувань. Знати методи статистичної обробки результатів вимірювань.
- вміти визначитись з методами випробувань та вибрати необхідне обладнання, прилади, матеріали. Вміти розробляти алгоритми експериментальних досліджень і оцінювати точність та достовірність отриманих результатів. Вміти користуватись простими вимірювальними засобами та приладами.

## Теми лабораторних робіт

1. Визначення механічних характеристик композитів при розтягу.

Алгоритм та методика експериментальних досліджень. Методика обробки експериментальних результатів

2. Визначення механічних характеристик композитів при зсуві (крученні).

Особливості досліджень характеристик міцності та пластичності при деформації зсуву композита. Методика обробки експериментальних результатів.

3. Визначення механічних властивостей поверхонь розділу.

Освоєння методів дослідження механічних характеристик поверхонь розділу. Вплив стану поверхонь розділу на їх механічні характеристики.

4. Визначення механічних характеристик пластмас.

Основні співвідношення для розрахунків механічних характеристик пластмас. Особливості експериментальних досліджень та методи обробки експериментальних результатів.

5. Дослідження структури композиційних та пористих матеріалів.

Освоєння основних методів підготовки шліфів. Вміння аналізувати результати досліджень отриманих на мікроскопі. Освоєння основних методів кількісного аналізу.

6. Визначення механічних характеристик пористих спечених матеріалів при розтягу.

Освоєння методів розрахунку характеристик міцності та пластичності пористих спечених матеріалів по діаграмі розтягу та результатам вимірювань.

7. Механічні характеристики пористих матеріалів при стисканні.

Особливості досліджень при стисканні. Вплив сил тертя на точність визначення механічних характеристик.

8. Визначення пористості методом гідростатичного зважування.

Знати методи запобігання попаданню рідини в пори. Освоїти сучасні методи визначення пористості методами гідростатичного зважування.

9. Визначення пористості по величині пластичної деформації.

Методи розрахунку інваріантних характеристик пластичної деформації по зміні форми зразків. Методи розрахунків пористості по відомим характеристикам пластичності.

10. Дослідження антифрикційних властивостей композитів.

Експериментальне визначення коефіцієнтів тертя та їх залежності від стану поверхонь та інших характеристик процесів, які протікають на поверхнях взаємодії.



## 5. Література.

### Перелік основної літератури.

1. Основы механики и технологии композиционных материалов / Г.Е. Фрегер, М.Д. Аптекарь, Б.Б. Игнатъев, В.В. Чесноков, А.Х. Меликбеян, В.А. Коструб. – К.: Аристей, 2004. – 524 с.
2. Пахаренко В.А., Яковлева Р.А., Пахаренко А.В. Переработка полимерных композиционных метериалов. – К.: Изд. Комп. «Воля», 2006. – 552 с.
3. Структура и свойства композиционных материалов/ К.И. Портной, С.Е. Салибеков, И.Л. Светлов, В.М. Чубаров. – М.: Машиностроение, 1979. – 225 с.
4. Композиционные материалы: Справочник/ В.В. Васильев, В.Д. Протасов, В.В. Болотин и др.; под общ. Ред. В.В. Васильева, Ю.М. Тарнопольского. – М.: Машиностроение, 1990. – 512 с.
5. Победря Б.Е. Механика композиционных материалов. – М.: Из-во МГУ, 1984. – 336 с.
6. Волокнистые и дисперсионноупрочненные композиционные материалы. – М.: Наука, 1976 – 203 с.
7. Композиционные материалы: Справочник в 8-ми томах. Пер. с англ./Под ред. К.И. Портного. – М.: Машиностроение, 1978.
8. Волокнистые композиционные материалы с металлической матрицей/ Под ред. М.Х. Шоршова. – М.: Машиностроение, 1981. – 272 с.
9. Композиционные материалы / Под ред. М.Х. Шоршова и др. – М.: Наука, 1981. – 456 с.
- 10.Федорченко И.М., Андриевский Р.А. Основы порошковой металлургии. – К.: АН УССР, 1989. – 501 с.
- 11.Феноменологические теории прессования порошков/ М.Б. Штерн, Г.Г. Сердюк, Л.А. Максименко и др. – К.: Нукова думка, 1982. – 140 с.

### Перелік додаткової літератури.

1. Кристенсен Р. Введение в механику композитов. – М.: Мир, 1982. 334 с.
2. Композиционные материалы в машиностроении/ Ю.Л. Пилиповский, Т.В. Грудина, А.Б. Сапожникова и др. – К.: Техника, 1990. – 141 с.
3. Вигдорович А.И., Салагаев Г.В., Поздняков А.А. Древесные композиционные материалы в машиностроении. – М.: Машиностроение, 1991. – 240 с.
4. Алюминиевые и магниевые сплавы, армированные волокнами/ В.С. Иванова, И.М. Коноев, Ф.М. Елагин и др. – М.: Наука, 1974. – 199 с.
5. Перепелкин К.Е. Структура и свойства волокон. – М.: Химия, 1985. – 324 с.
6. Портной К.П., Салибеков С.Е., Светлов И.Л. и др. Структура и свойства композиционных материалов. М.:Машиностроение, 1979. – 255 с.
7. Карпинос Д.М., Тучинский Л.И., Вишняков Л.Р. Новые композиционные материалы. – К.: Вища школа, 1979. – 312 с.
8. Композиционные материалы/ Под ред. А.И. Манохина. - М.: Наука, 1981. – 305 с.

9. Ермаков С.С., Вязников Н.Ф. Порошковые стали и изделия. – Ленинград: Машиностроение, 1990. – 319 с.
10. Скороход В.В., Солонин С.М. Физико-металлургические основы спекания. – М.: Металлургия, 1984. – 158 с.
11. Андриевский Р.А. Порошковое материаловедение.