

Міністерство освіти і науки України
Національний університет «Запорізька політехніка»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до лабораторних робіт з дисципліни
"Теоретичні основи формування порошкових та композиційних
матеріалів"
для студентів денної та заочної форми навчання
зі спеціальності 132 «Матеріалознавство» освітньої програми
"Композиційні та порошкові матеріали, покриття"

2024

Методичні вказівки до лабораторних робіт "Теоретичні основи формування порошкових та композиційних матеріалів" для студентів денної та заочної форми навчання зі спеціальності 132 «Матеріалознавство» освітньої програми " Композиційні та порошкові матеріали, покриття " / Укл.: В.А.Савченко. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2024. – 35 с.

Укладач: В.А. Савченко, доцент, к.т.н.

Рецензент: В.М. Плєскач, доцент, к.т.н.

Відповідальний за випуск: О.Петрашова, ст.лаб.

Рекомендовано до видання
НМК ФБАД, протокол № 1
від 30 серпня 2024 р.

Затверджено на засіданні
кафедри КМХТ, протокол
№ 1 від 06 серпня 2024 р.

ЗМІСТ

Лабораторна робота №1. Вивчення складу композиційних матеріалів та характеристик армувальних наповнювачів.....	4
Лабораторна робота №2. Визначення кута змочування та адгезії наповнювачів до матриці	11
Лабораторна робота № 3. Визначення розподілу щільності за висотою пресовки.....	19
Лабораторна робота № 4 Розрахунок зусилля пресування та втрати зусилля на тертя при формуванні металевих порошоків.....	23
Лабораторна робота № 5 Вивчення шаруватих композиційних матеріалів	27
Лабораторна робота № 6 Теоретичні основи отримання полімерної композиційної арматури.....	33
Список рекомендованої літератури	35

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1

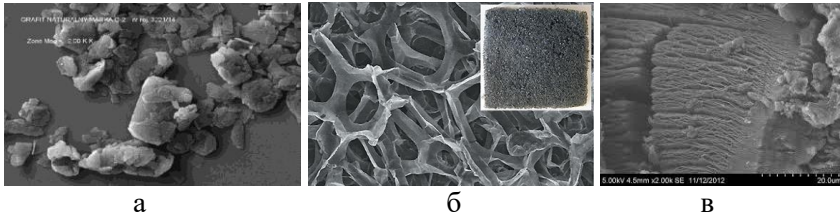
ВИВЧЕННЯ СКЛАДУ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА ХАРАКТЕРИСТИК АРМУВАЛЬНИХ НАПОВНЮВАЧІВ

Мета роботи

Вивчити склад композиційних матеріалів, методики отримання та визначення структурних параметрів армувальних наповнювачів різної природи.

Короткі теоретичні відомості

Композиційні матеріали складаються з матриці та армувальних наповнювачів. В якості матриці можуть бути метали або їх сплави, полімери, кераміка тощо. Армувальні наповнювачі можуть бути у вигляді дисперсних частинок, волокон, джгутів, ниток, стрічок, багат шаруватих тканин. Властивості композиційних матеріалів залежать від складу компонентів, їх поєднання, співвідношення і міцності зв'язку між ними. Як дисперсний наповнювач може використовуватися графіт – це мінерал, природний елемент, який є однією з модифікацій карбону. Його відмінні характеристики – хороша електропровідність, низька твердість, стійкість до нагрівання і до впливу агресивних середовищ. Природний графіт (рис. 1.1а) часто є необхідною сировиною для отримання багатьох видів продукції. Найбільшою мірою знайшов своє застосування в таких галузях промисловості, як металургія, металообробка, хімічна, енергетична промисловість (рис. 1.1б). Не менший інтерес представляє терморозширений графіт (рис. 1.1в) або спінений графіт (до основних властивостей графіту додані пружність і пластичність). На їх основі виробляються високоефективні ущільнювачі, які замінили азбест.

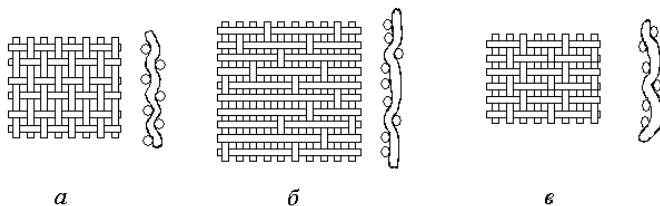


а – природний; б – акумуляторний; в – терморозширений.

Рисунок 1.1. – Структура графіту.

Елементарні волокна або односпрямовані наповнювачі (нитки, ровінги) використовуються для отримання листових волокнистих композитів. До них відносять шаруваті або неткані матеріали: тканини, стрічки, сітки, полотна, мати. Тканина утворюється на ткацькому верстаті з двох систем ниток, розташованих взаємно перпендикулярно і переплетених одна з одною в певній закономірності. Нитки, які розташовані паралельно одна одній і йдуть уздовж тканини називаються основою. Нитки, розташовані поперек тканини називаються утком.

Залежно від схеми переплетення ниток основи та утка виготовляються наповнювачі з тканин різної структури (рис. 1.2). У тканинах полотняного переплетення основа і уток взаємно переплітаються через одну нитку (див. рис. 1.2, а). У тканинах саржевої структури основа і уток переплітаються через дві нитки (рис. 1.2, в), на поверхні такої тканини утворюється характерний візерунок з діагональних смуг. У тканинах сатинового переплетення кожна з ниток основи (утка) огинає за один період неоднакове число ниток утка (основи) – три, п'ять, сім або більше (див. рис. 1.2, б).



а – полотняне; б – сатинове; в – саржеве.

Рисунок 1.2. – Види переплетень тканинного наповнювача.

Особливу форму переплетення мають об'ємні тканини, в яких нитки основи і утка переплітаються ще ниткою в перпендикулярній площині. Іншим характерним параметром для опису тканих матеріалів є їх щільність, яка характеризує кількість ниток на одиницю ширини (по основи) або довжини (по утку) тканини, тобто характеризує частоту розташування ниток в тканині. Чим далі розташовані нитки одна від одної, тим щільність менше, тобто тканина рідше. Чим ближче розташовані нитки одна до іншої, тим щільність більше, тобто тканина щільніша. Товщина тканини залежить від товщини ниток або від номера пряжі, з якої вона вироблена та від її будови. Товщина коливається від десятих часток міліметра до декількох міліметрів.

Обладнання, інструменти, матеріали

Для отримання графіту - пісок, спирт, бікарбонат натрію (питна сода), нітрат амонію (аміачна селітра), цукрова пудра, глюконат кальцію, ступка, тарілка.

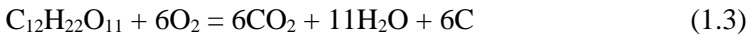
Для дослідження тканин - тканини різної текстури на основі волокон різної природи, ваги, мікроскоп, лупа, лінійка, мікрометр, пінцет, голка, ножиці.

Порядок виконання роботи

Етап 1. Отримання графіту. Група студентів ділиться на три частини.

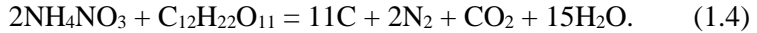
Перша частина студентів для проведення експерименту в столову тарілку насипає 3...4 столові ложки сухого просіяного

річкового піску, просочує його 96...98% -м розчином спирту C_2H_5OH і робить з нього гірку з поглибленням у вершині. Потім готує суміш, що складається з 1 чайної ложки цукрової пудри $C_{12}H_{22}O_{11}$ і 1/4 чайної ложки бікарбонату натрію $NaHCO_3$ (питна сода) та насипають в поглиблення гірки приготовлену реакційну суміш. Потім підпалюють гірку. Спирт спалахує. Через 3...4 хвилини на поверхні суміші з'являються чорні кульки, а біля основи гірки - чорна рідина. Коли майже весь спирт згорить, суміш чорніє, і з піску повільно виповзає товста чорна «змія». Біля основи вона оточена «коміром» спирту, що догоряє. У цій масі відбуваються такі реакції:

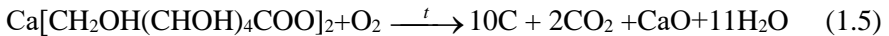


Диоксид вуглецю CO_2 , що виділяється при розкладанні бікарбонату натрію і горінні етилового спирту, а також водяні пари спучують палаючу масу, змушуючи її повзти, як змія. Чим довше горить спирт, тим довше виходить «змія». Вона складається з карбонату натрію Na_2CO_3 , змішаного з найдрібнішими частинками графіту, утвореного при горінні цукру.

Друга частина студентів у столову тарілку насипає 3...4 столових ложки просіяного річкового піску, робить з нього гірку з поглибленням в вершині і готує реакційну суміш, що складається з 1 чайної ложки нітрату амонію NH_4NO_3 і 1 чайної ложки цукрової пудри $C_{12}H_{22}O_{11}$, ретельно перетертих в ступці. Потім в поглиблення гірки наливають 1 столову ложку спирту і насипають приготовану реакційну суміш. Підпалюють спирт. На поверхні суміші відразу ж з'являються чорні кульки обвугленого цукрового піску, і слідом за ними виростає чорна блискуча і товста "змія". Якщо нітратно-цукрової суміші було взято не більше 1 чайної ложки, то довжина змії не перевищить 3...4 см. А її товщина залежить від діаметра поглиблення гірки. "Змія" рухається під дією газів: азоту, діоксиду вуглецю та пари води. Поява "змії" викликана взаємодією нітрату амонію з цукром, яка виражається наступним рівнянням:



Третя частина студентів кладе у тарілку сухий спирт, а на нього дві таблетки глюконату кальцію $\text{Ca}[\text{CH}_2\text{OH}(\text{CHOH})_4\text{COO}]_2$ та підпалює спирт. З таблетки з'являється світло-сіра "змія", яка за об'ємом у декілька разів перевищує об'єм таблетки. При цьому відбувається реакція:



Порівняти структуру отриманих речовин групами студентів.

Етап 2. Аналіз тканин наповнювачів.

Перед початком аналізу з полотнища різних тканин вирізають зразки і відокремлюють від кромки надрізані нитки, щоб розмір неушкодженого зразка становив 100x100 мм.

Визначення лицьової та зворотної сторони проводять за такими ознаками:

- у тканин, що мають основу і уток з волокон різного виду, лицьова сторона виготовляється з більш дорогих ниток;
- у художньо-декоративних тканинах лицьова сторона має яскраво виражений малюнок;
- тканини, у яких між лицьової та зворотної стороною немає помітної різниці, вважають двосторонніми, або двухлицьовими, тому будь-яка зі сторін може бути прийнята за лицьову.

Визначення ниток основи і утка в зразку проводять за такими ознаками:

- кромка зразка вказує напрям основи;
- при відсутності кромки напрям ниток основи в більшості випадків можна визначити за характером малюнка переплетіння, за родом волокон, за якістю і властивостями пряжі;
- у напрямку та за ступенем скрутки основа має більшу скрутку ніж уток.

Для ***визначення типу переплетіння*** з полотнища тканини вирізають зразок розміром 100x100 мм і поміщають на предметний столик мікроскопа. У зразках тканин, що мають нескладні і ясно видимі переплетення, як, наприклад, полотняне, саржеве і похідні цих

переплетень, досить подивитися на тканину через лупу і визначити вид переплетення порівнюючи із зображенням на рис. 1.2, а-в.

У тканинах, у яких за зовнішнім виглядом важко визначити вид переплетення, слід його визначити шляхом розбору зразка. Для цього у зразка на двох суміжних сторонах роблять бахрому довжиною по 5мм. Потім на зразку встановлюють лупу і за допомогою двох голок від зразка відсувають до бахромі послідовно одну нитку за одною і замальовують переплетення кожної нитки.

Визначення товщини тканини проводять на відрізках тканини, які складають в кілька разів і мікрометром вимірюють товщину в декількох місцях. Визначають середнє значення товщини тканини шляхом ділення отриманого значення товщини на число шарів тканини.

Визначення щільності тканини. Щільність тканини є важливим фактором, що впливає на її будову, і характеризує кількість ниток на одиницю ширини (за основою) або довжини (за утком) тканини. За одиницю ширини або довжини в стандартах на тканини прийнято вважати 1 см.

У зразку тканини обережно, не порушуючи її щільність і відміряють 5 см у напрямку основи і визначають кількість ниток на даній ділянці методом підрахунку. Можна застосовувати лупу або мікроскоп з невеликим збільшенням. Число ниток ділять на 5 і отримують число ниток на 1 см.

Експеримент повторюють 3 рази для різних ділянок на зразку. Визначають середнє значення щільності і порівнюють результат з відомим значенням зі стандарту на дану тканину. Аналогічно проводять експеримент для направлення утка.

Для **визначення поверхневої щільності** (маса 1 м²) беруть зразки тканини розміром 100x100 мм в кількості не менше 5 штук. У зразках з обох боків прибирають надрізані нитки і обрізають бахрому. Заміряють розміри зразка з точністю до 0,1 мм і зважують на лабораторних вагах з точністю до 0,01 г. Поверхневу щільність ρ_{Π} , г/см², визначають за формулою:

$$\rho_{\Pi} = \frac{m}{b \cdot l \cdot n}, \quad (1.6)$$

де m - маса пакета з зразків, г;

b, l - ширина і довжина одного зразка відповідно, см;

n - число зразків в пакеті, шт.

Експеримент повторюють не менше трьох разів, за результат приймають середнє значення всіх вимірювань. Отримане значення порівнюють з відомими зі стандарту на матеріал.

Зміст звіту

1. Дати визначення композиційного матеріалу. Описати склад та класифікацію композиційних матеріалів.

2. За допомогою мікроскопу дослідити зрізи отриманого графіту різними групами студентів. Ескізи структури занести до звіту.

3. Зробити висновки про вплив методу виготовлення графіту на його структуру.

4. Провести необхідні досліді та розрахунки з тканиною, результати яких занести до таблиці:

Таблиця 1.1 – Протокол досліджень

№ п/п	Матеріал	Тип переплетіння	Товщина, мм	Щільність, нит/см		ρ_n , г/см ²
				основа	уток	
1						
...						
Середнє арифметичне значення						

5. Зробити висновки про вплив типу тканини на її властивості.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2 ВИЗНАЧЕННЯ КУТА ЗМОЧУВАННЯ ТА АДГЕЗІЇ НАПОВНЮВАЧІВ ДО МАТРИЦІ

Мета роботи

Визначити вплив характеру обробки поверхні елементарних волокон на їх змочування рідкими полімерними сполучними. Ознайомитися з методиками оцінки адгезії наповнювача до матричних полімерів.

Короткі теоретичні відомості

1. Кут змочування. Експлуатаційні характеристики КМ істотно залежать від поверхневих взаємодій в системі наповнювач – полімер. Взаємодія елементарних волокон з полімерними матеріалами визначається процесами змочування їх олігомерними композиціями і характеризується швидкістю змочування. Про здатність до змочування наповнювача судять з рівноважного крайового кута змочування Θ . Залежно від кута Θ розрізняють незмочування, часткове і повне змочування (рис. 2.1, а-в) поверхні.

Для отримання якісних КМ крайовий кут змочування повинен знаходитися в межах від 0° до 80° , тобто відбувається часткове або повне змочування. Чим менший кут, тим краще проходить процес змочування і тим якіснішим виявляється зв'язок у системі наповнювач - полімер.

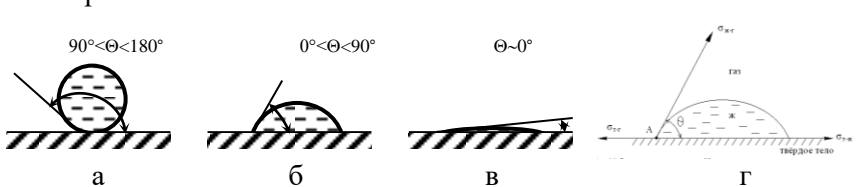


Рисунок 2.1. – Крайовий кут при повному незмочуванні (а), частковому (б) і повному (в) змочуванні та схема змочування за законом Юнга (г).

Для пояснення основних закономірностей змочування металевим розплавом твердих волокон армувальних компонентів розглянемо форму краплі рідини на поверхні твердого тіла (див. рис. 2.1, а-в).

Мірою змочування є рівноважний крайовий кут змочування (θ). Це кут між твердою поверхнею і дотичною в точці зіткнення трьох фаз (θ в сторону рідкої фази). Рівнянням, що визначає умови змочування; є закон Юнга. З умови рівноваги сил в точці А (див. рис. 2.1 г)

$$\sigma_{т-г} = \sigma_{т-р} + \sigma_{р-г} \cdot \cos\theta, \quad (2.1)$$

де $\sigma_{т-г}$ - поверхневі напруження на межі твердої і газоподібної фази;

$\sigma_{т-р}$ - поверхневі напруження на межі твердої і рідкої фази;

$\sigma_{р-г}$ поверхневі напруження на межі рідкої і газоподібної фаз.

З рівняння 2.1 знаходимо рівняння 2.2, яке і є законом Юнга:

$$\cos\theta = (\sigma_{т-г} - \sigma_{т-р}) / \sigma_{р-г} \quad (2.2)$$

Аналіз закону Юнга (див. рис. 2.1):

1) при ($\sigma_{т-г} > \sigma_{т-р} \cos\theta < 90^\circ$), у цьому випадку спостерігається змочування;

2) при $\sigma_{т-г} < \sigma_{т-р} \cos\theta > 90^\circ$, тобто відбувається незмочування;

3) при $\sigma_{т-г} = \sigma_{т-р} \cos\theta = 0$ і $\theta = 90^\circ$ - стан, що відповідає переходу від змочування до незмочування.

Взаємодія рідкої і твердої фаз характеризується роботою адгезії W_a , рівній роботі, що витрачається на відділення рідини від твердої поверхні і віднесеної до площі контакту. Робота адгезії дорівнює

$$W_a = \sigma_{р-г} + \sigma_{т-г} - \sigma_{т-р} \quad (2.3)$$

Або за відношенням Дюпре:

$$W_a = \sigma_{р-г} (1 + \cos\theta) \quad (2.4)$$

Чим більше робота адгезії, тим сильніша взаємодія твердої (волокно) і рідкої (матриця) фаз. Вона визначається величиною рівноважного крайового кута змочування (2.4). Чим менше θ , тим більше W_a . Взаємодія частинок однієї фази характеризується роботою когезії W_k , рівній роботі, витраченої на поділення однорідних за складом твердих або рідких тіл на дві частини в розрахунку на одиницю поверхні.

$$W_k = 2 \sigma_{p-r} \quad (2.5)$$

Для рідини повне змочування характеризується прагненням рівноважного крайового кута змочування до нуля, тобто $\theta = 0$ (див. рис. 2.1, в). Характеристикою цього випадку служить коефіцієнт розтікання (S_p) рівний:

$$S_p = W_a - W_k = W_a - 2\sigma_{p-r} \quad (2.6)$$

З формули (2.6) випливає, що для повного змочування необхідно, щоб робота адгезії в 2 рази або більше перевищувала величину поверхневого натягу рідини. Іноді взаємодія твердих волокон армувальних компонентів із розплавленими металами та полімерами матричного компоненту супроводжується хімічними реакціями, дифузією, або поліморфними структурними перетвореннями. У цьому випадку в результаті утворення нових хімічних сполук або розчинів на кордоні волокно-матриця змінюється рівноважна робота адгезії (W_a) матриці до волокна. Так, при контакті графіту з розплавленим оловом величина W_a зростає, а при змочуванні срібла, нікелю і заліза рідким оловом зменшується. На поверхні твердих волокон армувальних компонентів композиційних матеріалів іноді може перебувати оксидна плівка, що перешкоджає змочування. У деяких випадках ця плівка руйнується, наприклад, при контакті вольфрамових і молібденових волокон з розплавом олова.

Крайовий кут змочування найбільш повно вивчено стосовно термореактивних систем через простоту і наочність проведення експерименту. Для визначення крайового рівноважного кута змочування елементарних волокон найбільшого поширення набули методи «сидячої» краплі і Адама - Шютте. Метод «сидячої краплі»

заснований на визначенні геометричних параметрів малої краплі, що знаходиться на волокні. Крапля вважається малою, якщо вона задовольняє умові:

$$r_m^2 < \frac{2 \cdot \gamma}{\rho \cdot g}, \quad (2.7)$$

де r_m – радіус краплі;
 γ – поверхнєве натяжіння рідини;
 ρ - густина рідини;
 g - прискорення вільного падіння.

Радіус краплі r_m повинен знаходитися в межах $2r_0 < r_m < 3r_0$ (де r_0 - радіус волокна). Малі розміри краплі і незначна протяжність периметру змочування забезпечують можливість швидкого досягнення рівноваги. При проведенні експерименту використовують спеціальну кювету (рис. 2.2, а). Геометричні розміри краплі (рис. 2.2, б), необхідні для розрахунку кута змочування, визначають за шкалою мікроскопу.

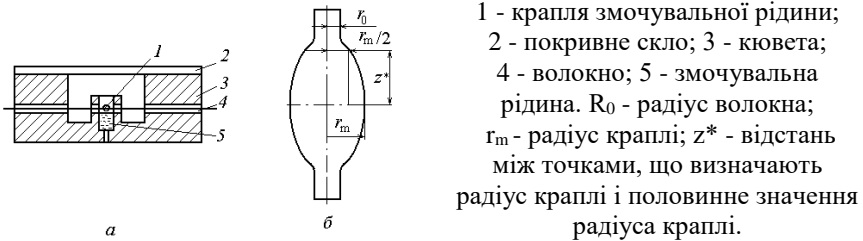
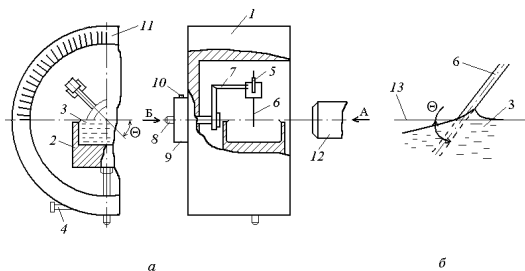


Рисунок 2.2. – Схема приладу для визначення кута змочування за методом «сидячої краплі» (а) і геометричні параметри краплі полімеру на волокні (б).

Метод **Адама - Шютте** ґрунтується на явищі виродження меніска у плаского або циліндричного зразка, похило зануреного у рідину. Явище виродження передбачає зміну форми меніска під впливом зовнішніх сил. Для вимірювання кутів змочування жорстких волокон (скляних, вуглецевих, борних і т.п.) застосовується

спеціальний пристрій (рис. 2.3, а), що дозволяє визначати кут Θ безпосереднім відліком в межах $25 \dots 120^\circ$.

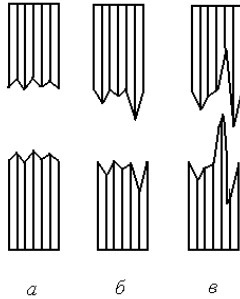


1 - корпус; 2 - кювета з досліджуваною рідиною; 3 - досліджувана рідина; 4 - гвинт для фіксації кювети по вертикалі; 5 - затискач; 6 - елементарне волокно; 7 - колінчастий тримач; 8 - валик; 9 - головка; 10 - гвинт; 11 - шкала відліку; 12 - катетометри; 13 - лінія горизонту.

Рисунок 2.3. – Схема пристрою для визначення кута змочування елементарних волокон за методом Адама - Шютте (а) і вид виродженого меніска рідини на волокні (б).

2. Визначення адгезії. Адгезія - це зчеплення наведених в контакт рідин, твердих тіл або фаз. Важлива характеристика адгезії - адгезійна міцність - характеризує питоме зусилля руйнування адгезійного контакту. Адгезія матриці до волокон є одним з найважливіших факторів, що визначають міцність і деформаційні властивості композиційних матеріалів.

Існують різні методи визначення адгезійної міцності, які вимагають спеціального обладнання і високої точності при виготовленні зразків. Про якість адгезії на поверхні розділу для односпрямованих композитів можна судити за характером руйнування при навантаженні вздовж осі волокон. При сильній, середній та слабкій адгезії спостерігаються різні поверхні руйнування (рис. 2.4, а-в).



а - сильна, б - середня, в - слабка адгезія

Рисунок 2.4. – Схематичне зображення поверхні руйнування в односпрямованих зразках.

При сильній адгезії поверхня руйнування в поперечному перерізі досить гладка. Такі композити мають високу статичну міцністю і чутливі до надрізу (див. рис. 2.4, а). При середній адгезії поверхню руйнування має нерівності та заглиблення внаслідок поздовжнього зсуву волокон щодо матриці. Відбувається витягування волокна з матриці (див. рис. 2.4, б). При слабкій адгезії відбувається руйнування адгезійного шару або руйнування матриці. Поверхня руйнування характеризується великою нерівністю через велику кількість волокон, зміщених відносно матриці (див. рис. 2.4, в).

Обладнання, інструменти, матеріали

Скляні, тканеві та вуглецеві волокна, скло, пінцет, ножиці, шприц, мікроскоп, рідина для змочування (вода, рідке скло, клей ПВА та епоксидна смола), кювета (ємність для рідини), рідке мило, дисперсний порошок, зразки однонаправленого матеріалу - стрічки, штангенциркуль, мікроскоп.

Порядок виконання роботи

Визначення кута змочування. На предметний стіл покласти:

- шматки різноманітних тканин;

- скло очищене, намащене парафіном та дисперсним порошком;
- папір чистий, змащений рідким милом та дисперсним порошком.

За допомогою шприца набирають рідину. На розташовані на предметному столі матеріали акуратно витискають рідину для утворення краплі, на матеріалі. Фотографують краплю і за допомогою комп'ютера визначають крайовий кут змочування.

Волокна матеріалу помістити в кювету з рідиною досягти щоб змочувальна рідина «осіла» на волокні. Сфотографувати краплю на волокні та за допомогою комп'ютера визначити її розміри. Визначивши розміри краплі, переконуються, що виконується співвідношення $2r_0 < r_m < 3r_0$ (де r_0 – радіус волокна). Далі вимірюють розміри z^* , r_0 , r_m (рис. 2.3, б), обчислюють співвідношення:

$$\frac{z^*}{r_m} = \xi^*, \quad \frac{r_m}{r_0} = x_m \quad (2.8)$$

За рисунком 2.1 визначити кут змочування. Оскільки в розрахункові формули входять безрозмірні величини, збільшення комп'ютера і розмірності не важливі. Проводять не менше п'яти вимірювань для кожного типу волокна. Отримані експериментальні дані заносять в табл. 2.1

Визначення адгезії. Для проведення випробувань з композиційних матеріалів вирізають зразки довжиною 250 мм.

Стрічки закріплюють в тримачах випробувальної машини і навантажують до руйнування зі швидкістю 60...100 мм/хв. За видом руйнування визначають якість адгезійних зв'язків у композиційному матеріалі. Вид руйнування замальовують і описують.

На матеріал з покриттям приклеюють тримачі та прикладають зусилля для відривання, перевіряючи міцність зчеплення.

Таблиця 2.1 – Результати експерименту

№ п/п	Матеріал	Крайовий кут змочування	Метод «сидячої краплі»					Змочува- ність
			Геометричні параметри краплі			Розрахункові параметри		
		Θ , град	z^*	r_0	r_m	ξ^*	x_m	
1								
Середнє арифметичне значення								

Зміст звіту

Отримані експериментальні дані занесіть до таблиці. Порівняйте значення крайового кута змочування, визначені та довідкові. За результатами експерименту зробіть висновок про вплив чистоти поверхні до змочування та здатність до змочування матеріалу, що досліджувався різними рідинами.

Результати експерименту з адгезії замалюйте в зошит та зробіть висновки.

Контрольні питання

1. Які наповнювачі відносять до волокнистих? Чим відрізняється волокнистий наповнювач від дисперсного?
2. Які показники є основними при описі властивостей елементарних волокон?
3. Як визначають модуль пружності елементарних волокон? Яким чином заміряють подовження зразків?
4. Яким показником характеризується змочуваність поверхні наповнювача?
5. На чому ґрунтується визначення рівноважного крайового кута змочування за методами «сидячий» краплі.
6. Які фактори і як впливають на величину рівноважного крайового кута змочування?
7. Що називають «адгезією»?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3 ВИЗНАЧЕННЯ РОЗПОДІЛУ ЩІЛЬНОСТІ ЗА ВИСОТОЮ ПРЕСОВКИ

Мета роботи

Вивчити розподіл щільності за висотою брикету, вплив на цей розподіл мастила, відношення висоти до діаметру та методу пресування (одно- і двобічне).

Короткі теоретичні відомості

При пресуванні металевих порошків в прес-формі спостерігається нерівномірний розподіл щільності за об'ємом спресованого брикету. Це пов'язано в першу чергу з наявністю тертя порошку об стінки прес-форми. Причому, нерівномірність розподілу щільності спостерігається як у вертикальному, так і в горизонтальному напрямках. При однобічному пресуванні кожен шар порошку, який знаходився вище, виявляється щільніше, ніж нижній (при навантаженні верхнім пуансоном). Крім того, відбувається вигин шарів порошку в спресованому брикеті, згідно з яким щільність верхнього шару збільшується від центру до периферії, нижнього - від периферії до центру (рис.3.1).

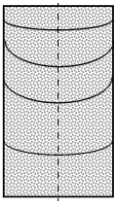


Рисунок 3.1 – Товщина та форма прошарків порошків після однобічного пресування.

Нерівномірний розподіл щільності за об'ємом брикету є небажаним явищем, тому що викликає нерівномірну усадку і викривлення при спіканні та може призвести до браку.

Зменшити нерівномірність розподілу щільності за об'ємом пресовок дозволяє використання мастила при пресуванні,

зменшенням відношення висоти брикету до його діаметру (h / d), а також використанням методу двобічного пресування.

Обладнання, інструменти, матеріали

Гідравлічний прес, прес-форма, металева фольга, мікрометр, ваги, порошки заліза, міді, алюмінію, моторне масло.

Порядок виконання роботи

1. Приготувати по 4 навішування кожного з досліджуваних порошків (заліза і міді по 1,5 г, алюмінію - 1 г), помістити їх в прес-форму, ретельно вирівнюючи поверхню порошку та розділяючи їх фольгою.

2. Провести пресування (питомий тиск 200...400 МПа).

3. Після випресовування брикету зафіксувати тиск, зважити брикет і виміряти загальну висоту H і діаметр D .

4. Замалювати розташування в ньому прокладок.

5. Акуратно розділити спресований брикет на окремі частини (за прокладками) та пронумерувати їх.

6. Замалювати форму кожної частини, починаючи з найближчої від пуансона.

7. Виміряти висоту кожної частини h_n по центру та периферії.

8. Обчислити щільність $\gamma_{пр}$ кожної окремої частини брикету та всього брикету.

$$\gamma_{пр} = G_{пр}/V_{пр}, \quad (3.1)$$

де $G_{пр}$ - маса брикету, г;

$V_{пр}$ – об'єм брикету, $см^3$.

9. Визначити відносну щільність кожної окремої частини брикету $\theta_{пр}$:

$$\theta_{пр} = \gamma_{пр}/\gamma_{комп} \cdot 100\%, \quad (3.2)$$

де $\gamma_{комп}$ – щільність безпористого металу.

10. Визначити пористість кожної окремої частини брикету П:

$$P=100 - \theta_{\text{пр}}, \quad (3.3)$$

11. Змастити прес-форму маслом і провести аналогічні дослідження впливу мастила на розподіл щільності за висотою брикету, а також виду пресування (двобічне).

Зміст звіту

Розрахунки занесіть у таблицю 3.1, за даними якої побудуйте графіки залежностей щільності, відносної щільності та пористості від відстані до пуансона при пресуванні порошків без мастила та з мастилом.

Таблиця 3.1 – Результати експерименту

№ п/п	Параметри окремих частин брикету			Результати розрахунків			Параметри всього брикету			Результати розрахунків		
	h, мм	d, мм	G, г	$\gamma_{\text{пр}}$	$\theta_{\text{пр}}$	П	H, мм	D, мм	G, г	$\gamma_{\text{пр}}$	$\theta_{\text{пр}}$	П
<i>пресування без мастила</i>												
<i>пресування з мастилом</i>												

Зробіть висновки про залежність розподілу щільності, відносної щільності та пористості за висотою брикету, вплив на цей розподіл мастила, відношення h/d та методу пресування.

Контрольні питання

1. Які фізичні властивості порошків визначають їх насипну щільність і плинність?
2. Від чого залежить пресованість порошків?
3. Як впливають пластичні властивості порошків на їх пресованість?
4. У чому полягає вплив мастил на процес пресування?

5. Що є причиною нерівномірного розподілу щільності за обсягом спресованого брикету?
6. Як поліпшити розподіл щільності при пресуванні порошків?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №4 РОЗРАХУНОК ЗУСИЛЛЯ ПРЕСУВАННЯ ТА ВТРАТИ ЗУСИЛЛЯ НА ТЕРТЯ ПРИ ФОРМУВАННІ МЕТАЛЕВИХ ПОРОШКІВ

Мета роботи

Визначити втрати зусилля пресування на зовнішнє тертя в залежності від висоти брикету і тиску пресування для різних металевих порошків.

Короткі теоретичні відомості

Наявність зовнішнього тертя (тертя порошку об стінки прес-форми) призводить до втрати тиску пресування, яке може досягати 30...40% від загального зусилля пресування і залежить від властивостей порошків, відносини висоти до діаметру зразків, стану поверхні порожнини прес-форми. При всіх інших рівних умовах втрата зусилля пресування на подолання тертя порошку об стінки прес-форми пропорційна коефіцієнту тертя порошку про них.

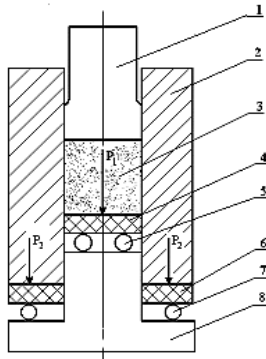
Введення в порошок мастила, дозволяє істотно знизити коефіцієнт тертя і тим самим скоротити втрати зусилля пресування на подолання сил тертя.

Введені в порошок мастила, діляться на інертні і активні. Інертні - ті, які не взаємодіють з порошками, знижують тертя між порошком і стінками матриці, практично не мають помітного впливу на тертя між частинками. Введення мастила сприяє зменшенню нерівномірного розподілу щільності за об'ємом брикету і тим самим підвищує його середню щільність.

Поверхнево-активні мастила взаємодіють з пресованих порошком, проникаючи в мікропори і мікротріщини за рахунок дії капілярних сил. При цьому виникають розклинюючі зусилля, які полегшують деформацію частинок або їх руйнування. Ці речовини, наприклад, олеїнова кислота, більш помітно знижують тиск пресування, необхідне для досягнення заданої щільності брикету, ніж інертна мастило.

Передача зусилля при пресуванні порошків може бути представлена схемою (рис. 4.1), де P - зусилля пресування, P_1 - частина зусилля пресування, що передається порошку і доходить до нижнього торця брикету, P_2 - частина зусилля пресування, що передається матриці за рахунок тертя частинок об її поверхню.

Вимірювання зусиль в даній роботі проводиться методом вдавнення сталевих кульок в підкладки з матеріалу з відомою твердістю. Зусилля пресування P , прикладене від пуансона до брикету, частково передається силами тертя брикету об стінки прес-форми на матрицю. В результаті на прокладці (6), на яку спирається матриця, залишаються відбитки трьох кульок (7). Загальна площа цих відбитків позначається через ΣS_2 . Інша частина зусилля передається через брикет на іншу прокладку (4), яка в свою чергу спирається на три кульки (5) із загальною площею їх відбитків ΣS_1 .



1,8 – пуансони; 2 – матриця; 3 – порошок; 4,6 – мідні прокладки; 5,7- сталеві шарики.

Рисунок 4.1. – Схема прес-форми.

Відносна втрата зусилля пресування на зовнішнє тертя відповідно буде дорівнює:

$$\Delta P_{\text{тр}}/ P= P_2/ P \quad (4.1)$$

За умови рівності прокладок можна замінити значення зусиль P_1 і P_2 відповідними загальними площами відбитків ΣS_1 і ΣS_2 , тоді

$$\Delta P_{\text{тр}} / P = \Sigma S_2 / \Sigma S_1 + \Sigma S_2 \quad (4.2)$$

Обладнання, інструменти, матеріали

1. Гідравлічний прес.
2. Прес-форма.
3. Лупа Брінелля (з поділками).
4. Лабораторні ваги.
5. Порошок титану.
6. Мастило (масло машинне).

Порядок виконання роботи

1. Зважити 4 порції порошку титану масою по 10 гр.
2. Спресувати 2 брикету при тисках 150 і 300 МПа без змащення.
3. Змастити матрицю і пуансон машинним маслом і спресувати 2 брикети при тисках 150 і 300 МПа.
4. Після кожної операції пресування провести вимірювання відбитків на прокладках 4 і 6 за допомогою лупи від твердоміра Брінелля.
5. Розрахувати сумарну площу відбитків в мм^2 .
6. Обчислити значення P_1 та P_2 і відносну втрату зусилля пресування $\Delta P_{\text{тр}} / P$, %.
7. Випробування провести 2 рази, за отриманими даними розрахувати середнє значення втрат.

Зміст звіту

1. Отримані результати звести в таблицю

Таблиця 4.1 – Результати випробувань та розрахунків

№ п/п	Тиск пресування, МПа	Зусилля пресування Р, МН	Наявність мастила	Відбитки, мм ²		Зусилля, МН		
				ΣS_1	ΣS_2	P_1	P_1	$\Delta P_{тр}$
1...			-					
4			+					

2. Побудувати графіки залежності $\Delta P_{тр} / P = f(P)$.

3. Зробити висновки про вплив зусилля пресування та наявності мастила на величину $\Delta P_{тр}$.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5 ВИВЧЕННЯ ШАРУВАТИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

Мета роботи

Ознайомитись з характеристиками шаруватих КМ, практично визначити густину і поруватість текстоліту електротехнічного листового.

Короткі теоретичні відомості

Головними властивостями шаруватих композиційних матеріалів є густина та пористість. Густина КМ визначається розрахунковим і гідростатичним методами. Розрахунковий метод застосовують в тих випадках, коли з композиційного матеріалу можна виготовити зразки правильної геометричної форми. Для зразків складної конфігурації використовують гідростатичний метод. Суттю розрахункового методу є визначення густини за результатами вимірів лінійних розмірів зразків і їх маси. З допомогою штангенциркуля або іншого вимірювального інструменту визначаються розміри зразків і обчислюється їх об'єм. Густина (ρ) композиційного матеріалу обчислюють за формулою:

$$\rho = m_0 / V \quad (5.1)$$

де m_0 - маса зразка, одержана з допомогою аналітичних вагів;
 V – його об'єм.

Перед випробуванням зразки очищують від бруду; ті з них, які мають раковини, тріщини, сколи, нерівні краї, відбраковуються. Суть гідростатичного методу полягає у вимірюванні об'єму за результатами зважування на повітрі і в рідині. Спочатку визначається маса зразка на повітрі $G_{\text{пов}}$, потім маса цього зразка, просоченого розплавленим парафіном або покритого тонким шаром вазеліну чи лаку: на повітрі

(G_1) і в рідині (G_2), яка має густину $\rho_{\text{рід}}$, отже, густину (ρ) КМ визначають за формулою:

$$\rho = G_{\text{пов}} \times \rho_{\text{рід}} / (G_1 - G_2) \quad (5.2)$$

Рідина, яка частіше всього використовується - це дистильована вода; можна використовувати також етиловий спирт, безводний газ, бензин або іншу рідину з відомою густиною, яка добре змочує досліджуваний зразок без утворення на поверхні повітряних бульбашок.

Відносну густину КМ ($\rho_{\text{відн.}}$) у відсотках обчислюють за формулою:

$$\rho_{\text{відн.}} = (\rho_{\text{екс}} : \rho_{\text{теор}}) \times 100\% \quad (5.3)$$

де $\rho_{\text{екс}}$ – густина КМ, визначена експериментально;

$\rho_{\text{теор}}$ – теоретична густина компактного КМ заданого складу, яка обчислюється за формулою:

$$\rho_{\text{теор.}} = \rho_f \times V_f + \rho_m \times (1 - V_f) \quad (5.4)$$

де ρ_f – густина армуючої фази,

ρ_m – густина матриці,

V_f - об'ємна доля армуючої фази.

Загальну поруватість ($P_{\text{заг.}}$) у відсотках обчислюють за формулою:

$$P_{\text{заг.}} = 100 - \rho_{\text{відн.}} = (1 - \rho_{\text{екс}} / \rho_{\text{теор}}) \times 100\% \quad (5.5)$$

Поруватість в КМ може бути відкритою і закритою. Відкрита поруватість, яка обумовлює проникність матеріалів, вимірюється на виробках, які мають загальну поруватість вище 10%, шляхом заповнення їх рідиною. Сухі зразки зважують на аналітичних терезах на повітрі, а потім просочують рідиною, вибір якої визначається досліджуванним КМ. Просочуючою рідиною для порошкових КМ являється дистильована вода з домішками, які знижують її поверхневий натяг. Для металевих КМ використовують дегазоване або звичайне індустріальне масло, ксилобензиловий спирт і т. інш. Просочений зразок зважують на повітрі і в воді.

Відкриту поруватість ($P_{\text{відк.}}$) у % обчислюють за формулою:

$$P_{\text{відк.}} = (m_1 - m_{\text{пов.}}) \times \rho_{\text{в}} \times 100 / (m_1 - m_2) \times \rho_{\text{рід.}} \quad (5.6)$$

де $m_{\text{пов.}}$, m_1 , m_2 - результати зважування сухого зразка на повітрі, просоченого зразка відповідно на повітрі і у воді;

$\rho_{\text{в}}$ - густина води;

$\rho_{\text{рід.}}$ - густина рідини, якою просочують.

Закриту поруватість у відсотках визначають, як різницю між загальною ($P_{\text{заг.}}$) і відкритою ($P_{\text{відк.}}$) поруватістю:

$$P_{\text{закр.}} = P_{\text{заг.}} - P_{\text{відк.}} \quad (5.7)$$

Обладнання, інструменти, матеріали

1. Штангенциркуль,
2. Терези аналітичні WA-33 з точністю зважування 0,0002г
3. Вода дистильована.
4. Парафін, вазелін або лак.
5. Масло індустріальне.
6. Комплект зразків текстоліту електротехнічного листового
7. Ємність (0,5л).
8. Підвіска.
9. Бруски деревини.

Порядок виконання роботи

Студенти одержують зразки композиційних матеріалів і визначають їх густину і поруватість. Вимірювання проводять у відповідності з даними методичними вказівками. Метод обміру та зважування являє собою визначення густини речовини по відношенню маси зразка до його об'єму, які визначаються безпосередньо зважуванням та обміром. Допускається вимірювати об'єм іншими методами, наприклад, по витісненому об'єму рідини для зразків неправильної або важко вимірюваної форми.

Метод застосовується для визначення густини (об'ємної маси) виробів та напівфабрикатів (стержні, бруски, труби) і забезпечує

вимірювання густини до 0,5% при точності вимірювання об'єму 0,3% і маси 0,2%. Зразки, відібрані для вимірювання, повинні відповідати наступним вимогам:

- бути рівними, гладенькими, без пустот і тріщин для зменшення можливості захоплення або включення повітряних бульбашок;
- число зразків від однієї партії матеріалу повинно бути не менше трьох;
- зразок повинен мати об'єм не менше 1 см^3 і вагу не більше 180г.

Масу зразків визначають зважуванням з точністю 0,0002г. Об'єм зразка визначають таким способом:

- а) правильної геометричної форми – обчислюють за результатами лінійних вимірювань;
- б) неправильної або важко вимірюваної форми – за об'ємом витісненої рідини.

Метод гідростатичного зважування являє собою порівняння мас однакових об'ємів випробовуваної речовини і рідини відомої густини (наприклад, дистильованої води), яка називається робочою рідиною. Метод призначений для визначення густини (об'ємної маси) відформованих виробів (стержні, бруски, трубки) і забезпечує точність вимірювання густини до 0,1%. Для випробувань використовують зразки вагою 0,2...5,0г. Визначають масу зразка M_1 , зважуючи його з точністю до 0,0002г. Встановлюють підставку зі склянкою, наповненою робочою рідиною, на столик вагів (терезів); випробовуваний зразок за допомогою дроту-підвіски підвішують до коромисла терезів. Після цього зразок опускають в склянку з рідиною до повного його занурення, не дотикаючись стінок і дна посудини і слідкуючи за тим, щоб на ньому не було бульбашок повітря, і проводять зважування, визначаючи масу M_2 . Якщо зразок в рідині випливає, до підвіски підвішують додатковий вантаж.

Зразок знімають з підвіски, підвіску (з вантажем, якщо він використовувався) опускають в склянку з рідиною (підвіска при цьому не повинна доторкатися стінок і дна склянки) і проводять зважування, таким чином визначають масу M_3 . Густину робочої рідини (дистильованої води) визначають пікнометром, вона має такі значення при різних температурах: $\rho^{20}\text{H}_2\text{O}=0,99820\text{ г/см}^3$; $\rho^{23}\text{H}_2\text{O}=0,99755\text{ г/см}^3$; $\rho^{27}\text{H}_2\text{O}=0,99652\text{ г/см}^3$.

За даними зважування масу рідини відомої густини (M_4), об'єм якої рівний об'єму зразка, обчислюють за формулою:

Зміст звіту

1. Ознайомитися з методикою визначення густини КМ:
 - методом обміру і зважування;
 - методом гідростатичного зважування.
2. Визначити розміри і масу зразків з текстоліту.
3. Обчислити густину і поруватість зразків і порівняти з даними, наведеними в літературі.
4. Оформити результати дослідів і зробити висновок про.

Питання для самоперевірки

1. Суть і методика вимірювання густини і пору вартості КМ.
2. Назвіть методи, які застосовуються при вимірюванні густини КМ.
3. Приведіть формулу для визначення густини КМ.
4. Що таке загальна, відкрита і закрита поруватість?
5. Чому важливо вміти визначати густину і поруватість композитів, де це застосовується?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №6 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ОТРИМАННЯ ПОЛІМЕРНОЇ КОМПОЗИЦІЙНОЇ АРМАТУРИ

Мета роботи

Вивчення технології виготовлення композитної арматури.

Короткі теоретичні відомості

Арматура композитна полімерна (АКП) – інноваційний продукт, альтернатива традиційної сталевій арматури. Розробки велися в 60-х роках минулого століття паралельно в декількох країнах – як в Україні, так і в США. Із застосуванням композитної арматури збудовано велику кількість об'єктів в країнах Європи, Японії, Канаді. Словом, за кордоном технологічний продукт набув широкого поширення.

Матеріалом для виготовлення арматури служать вуглець, базальт, арамід або скло. Волокна сировини з'єднуються між собою в єдиний стрижень, на який додатково намотується ребро. Далі стрижень проходить через піч, де і твердне під впливом високої температури.

За типом використовуваного типу сировини поділяють кілька видів неметалевої арматури, плюси і мінуси кожної з яких незначно відрізняються:

- АСК (склокомпозитна) – виготовляється в результаті змішування скловолокна і спеціальних смол.
- АБК (базальтокомпозитна) – проводиться з волокон базальту, а роль сполучної речовини виконують органічні смоли.
- АУК (вуглецевокомпозитна) – міцна арматура на основі вуглецю, але дорожче композитних аналогів.
- ААК (арамідокомпозитна) – складається з поліамідних волокон, які за складом нагадують капрон або нейлон.
- АКК (комбінована композитна) – стрижні зі скловолокна, з зовнішнім намотуванням з базальтопластику.

Для кращого зчеплення з бетоном профіль композитної арматури не роблять гладким. Розрізняють два види профілів:

Умовно-гладкий – для поліпшення адгезії з бетоном склопластиковий стержень покривають дрібнофракційним кварцовим піском.

Періодичний – в процесі виробництва на стержень намотується джгут зі скловолкна, який і служить анкерувачим ребром.

Обладнання, інструменти, матеріали

Стенди з композитною арматурою, лабораторна установка для виготовлення композитної арматури, комп'ютер.

Порядок виконання роботи

Ознайомитися з технологією виготовлення полімерної арматури.

В залежності від діаметру філь'єри лабораторної установки розрахувати необхідну кількість смоли та склоровінгу. Запропонувати, опираючись на літературні дані, технологію покращення властивостей полімерної арматури.

Зміст звіту

1. Вивчити будову лабораторної установки для виготовлення полімерної арматури.
3. Описати фактори, що можуть вплинути на якість арматури.
4. Описати технологію підвищення властивостей арматури.

Контрольні питання до лабораторної роботи

1. Що таке полімерна арматура?
2. Які фактори технології виготовлення впливають на якість полімерної арматури?.
3. Яким чином можна покращити механічні чи експлуатаційні властивості полімерної арматури?

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Композитні та порошкові матеріали : навч. посіб. / П.П. Савчук, В.П. Кашицький, М.Д. Мельничук, О.Л. Садова; за заг. ред. П.П. Савчука. – Луцьк: ФОП Теліцин О.В. - 2017. – 368 с.
2. Нові матеріали та композити: навчальний посібник / Ю.А. Буренніков, І.О. Сивак, С.І. Сухоруков – Вінниця: ВНТУ, 2013. – 158с.
3. Копань В. Композиційні матеріали :навч. посіб. ВНЗ / В. Копань; К.: Пульсари, 2004. – 193 с. 8.
4. Солнцев Ю.П. Спеціальні конструкційні матеріали: Підручник / Ю.П. Солнцев, С.Б. Беліков, І.П. Волчок, С.П. Шейко. – Запоріжжя: Валпіс-Поліграф, 2010. – 536 с.
5. ДСТУ ISO 1888:2009 Скловолокно. Елементарні волокна чи нитки. Метод визначення середнього діаметра (ISO 1888:2006, IDT). – К. – 2012 р.
6. ДСТУ 2656-94 Скловолокно та вироби з нього. Терміни та визначення.
7. ДСТУ 2241—93 Матеріали композитні. Склопластики. Терміни та визначення;
ДСТУ 2242—93 Склопластики конструкційні. Типи, технологія, властивості. Терміни та визначення.