

## КОНСТРУКЦІЙНІ І ФУНКЦІОНАЛЬНІ МАТЕРІАЛИ

### STRUCTURAL AND FUNCTIONAL MATERIALS

УДК 678.01:539.2

Підковинська У. В. аспірантка кафедри композиційних матеріалів, хімії та технологій Національного університету «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя, Україна, e-mail: uliana.pidkovynska@gmail.com, ORCID: 0000-0002-2953-1863

Савченко В. О. канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри композиційних матеріалів, хімії та технологій Національного університету «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя, Україна, e-mail: savchen2017@gmail.com, ORCID: 0000-0002-4305-0097

### ВПЛИВ РОЗМІРУ НАПОВНЮВАЧА НА СТРУКТУРУ ТА ВЛАСТИВОСТІ ПОЛІМЕРНОЇ МАТРИЦІ

**Мета роботи.** Вивчення впливу розміру часток оксиду алюмінію ( $Al_2O_3$ ) на механічні характеристики полімерного композиту з додаванням рубленого скловолокна. Вивчення взаємодії між частками оксиду алюмінію та рубленого скловолокна.

**Методи дослідження.** Було проведено дослідження зразків на розтяг за ДСТУ EN ISO 527-5:2018. Випробування проводили на розривній машині «MTS Criterion Model 43» з максимальним зусиллям 50 кН. Металографічний аналіз проводили на мікроскопі KEYENCE VHX при збільшеннях 50 та 500. Мікроструктуру полімерної матриці визначали на шліфах без травлення. Растровий електронний аналіз проводили на мікроскопі JEOL JSM-5510LV.

**Отримані результати.** Показано дослідження впливу введення різних розмірів фракції оксиду алюмінію на полімерну матрицю. Було виявлено, що зі збільшенням фракції міцність полімерної композиції зменшується. Також було проведено дослідження взаємодії рубленого скловолокна та різних фракцій оксиду алюмінію на механічні характеристики та морфологію з'єднання з полімерною композицією.

**Наукова новизна.** Взаємодія рубленого волокна з фракціями оксиду алюмінію може впливати на механічні властивості композиту, такі як міцність, жорсткість, та еластичність. Ця взаємодія може підвищити або зменшити механічну стійкість матеріалу залежно від характеру контакту та співвідношення компонентів. Вивчення морфології з'єднання між рубленим волокном і фракціями оксиду алюмінію може допомогти зрозуміти, як вони взаємодіють між собою у композитній структурі. Це включає аналіз адгезії між компонентами, структури підключень та можливих дефектів, що можуть виникнути під час процесу виготовлення. Дослідження цієї взаємодії відкриває можливості для розробки нових композитних матеріалів з покращеними властивостями та різноманітними застосуваннями в промисловості, будівництві, авіації, автомобільній промисловості та інших галузях.

**Практична цінність.** Практичне значення полягає також у вдосконаленні технологій виробництва та впровадженні нових матеріалів у промисловість. Можливість керувати механічними властивостями композитів шляхом зміни розміру фракції оксиду алюмінію може сприяти створенню більш ефективних матеріалів для виробництва автомобілів, літаків, будівельних конструкцій тощо.

Крім того, розуміння взаємодії рубленого скловолокна та фракцій оксиду алюмінію може відкрити нові можливості для розробки композитів з унікальними механічними характеристиками, що відповідають вимогам сучасних технологій та промислових виробництв.

**Ключові слова:** скловолокно, матриця, наповнювач, модифікування, оксид алюмінію, епоксидна сполука.

#### Вступ

Змішування полімерів є ефективним та перспективним методом створення матеріалів з покращеними фізико-хімічними та експлуатаційними характеристиками, що перевершує навіть синтез нових мономерів та полімерів. Особливість полімерних композитів полягає в тому, що їх властивості значною мірою визначаються фазовою структурою, яка

насамперед залежить від ступеня термодинамічної сумісності (від абсолютно сумісних однорідних систем до частково сумісних та повністю несумісних) [1, 2].

Вплив розміру частинок оксиду алюмінію на властивості полімерів є актуальною темою досліджень області полімерних композитів. Оксид алюмінію, як один з найбільш поширених наповнювачів у полімерних матеріалах, має унікальні фізико-хімічні

властивості, які можуть значно впливати на характеристики кінцевого композитного матеріалу. Розмір частинок оксиду алюмінію істотно впливає на безліч ключових параметрів, таких як механічна міцність, теплопровідність, електрична ізоляція і термічна стабільність полімерних композитів.

### Аналіз досліджень та публікацій

Безліч досліджень присвячено вивченню впливу розміру частинок та розподілу розмірів частинок на механічні властивості полімерних композитів з наповнювачами. В дослідженні [3] продемонстрували, що середній розмір частинок, а не їх розподіл, впливає на механічні властивості полімеру стирол-бутадієн-стирол, заповненого склом. Реологічні властивості чистих полімерів також залежить від розміру частинок наповнювача.

Полімери, які заповнені дрібними частинками (менше 0,5 мм) зазвичай мають граничну напругу зсуву, що є проявом сильної взаємодії частинок і має безпосереднє відношення до розміру частинок. Для полімерних систем, заповнених більшими частинками, відповідь на зсувну деформацію визначається гідродинамічною взаємодією, а не взаємодією частинок між собою, і ці системи з не взаємодіючими частинками не виявляють граничної напруги зсуву. Площа поверхні до обсягу наповнювача збільшується із зменшенням середнього діаметра частинок, що призводить до сильної тенденції до агломерації та агрегації [4–6].

Механічні властивості частково-полімерних композитів сильно залежать від розміру частинок, адгезії інтерфейсу частинка-матриця та завантаження частинок. Розмір часток має очевидний вплив на ці механічні властивості. Найдрібніші частинки карбонату кальцію забезпечують більш високу міцність наповнених композитів поліпропілену при заданому завантаженні частинок [7].

В дослідженні [8] підкреслили зацікавленість до заміни мікророзмірного кремнезему його нанорозмірним аналогом, оскільки нано частинки кремнезему мають більш високі механічні властивості. Було виявлено, що ці нано частинки надають полімерам більш високу жорсткість і підвищену механічну міцність на розрив.

Менший розмір часток забезпечує більш високу міцність при розриві для карбонату кальцію, заповненого поліетиленом високої густини [9]. Аналогічно, епоксидна смола, що містить тригідрат алюмінію з меншими частинками, має більш високу міцність при розриві [10].

У роботі [11] досліджувався вплив летючої золи з трьома різними розмірами частинок та концентраціями наповнювача. Сферичний форми наповнювач значно покращив жорсткість завдяки кращій поверхні для взаємодії. Композити з меншим розміром часток летючої золи показали значне покращення загальних (механічних та електричних) властивостей композитів.

### Мета роботи

Метою даної є проведення комплексного аналізу впливу розміру частинок наповнювача на властивості полімерних композитів. В рамках дослідження вивчався взаємозв'язок між розміром частинок наповнювача та механічними характеристиками полімерів. Особливу увагу буде приділено оцінці ефекту розміру частинок на міцність та пружність полімерного композиту. Результати дослідження дозволять більш глибоко зрозуміти механізми посилення та модифікації полімерних матеріалів з використанням різних розмірів частинок наповнювача, що має важливе значення для розробки нових функціональних матеріалів з покращеними властивостями.

Для досягнення поставленої мети необхідно:

- провести аналіз впливу вибраних розмірів наповнювача на характеристики полімерної матриці;
- провести дослідження поверхні зразків, щоб візуалізувати та оцінити морфологію поверхні композитів, а також виявити розподіл та взаємодію частинок наповнювача з полімерною матрицею;

Ця робота має за мету дослідити вплив розмірів наповнювача на епоксидну смолу та сприяти оптимізації властивостей полімерних матриць з метою покращення їхнього застосування в реальних умовах.

### Матеріал і методика досліджень

У цьому експерименті для створення матриці було використано епоксидну смолу «Royal Resin». З метою покращення механічних властивостей полімерної матриці, що ґрунтується на епоксидному зв'язку, було вибрано дрібнодисперсний порошок оксиду алюмінію ( $Al_2O_3$ ) різного розміру та рублене скловолокно.

Оксид алюмінію, зазвичай, існує в кристалічній поліморфній формі  $\alpha-Al_2O_3$ , в якій він найчастіше зустрічається у природі у вигляді мінералу корунду. На зовнішній вигляд чистий оксид алюмінію є білою твердою речовиною без запаху. Молярна маса оксиду алюмінію 101,96 г/моль, густина 3,95–4,1 г/см<sup>3</sup>, температура плавлення 2072 °С. Оксид алюмінію не розчиняється у воді. У своїй найбільш поширеній кристалічній формі, а саме корунду або оксиду  $\alpha$ -алюмінію, його твердість робить його придатним для використання в якості компонента в ріжучих інструментах. Оксид алюмінію захищає металевий алюміній від дії атмосферного повітря. Металевий алюміній дуже легко взаємодіє з киснем повітря, при цьому утворюється тонкий захисний шару оксиду алюмінію (товщиною 4 нм) на будь-якій відкритій поверхні алюмінію. Оксид алюмінію є амфотерною речовиною, тобто він може вступати в реакцію з кислотами та основами. Будучи досить хімічно інертним, оксид алюмінію є поширеним наповнювачем для пластмас [12].

Дослідження виконували відповідно до стандарту ДСТУ EN ISO 527-5:2018 «Пластмаси», який включає випробування зразків полімерних композитних

матеріалів на розтягування з постійною швидкістю до розриву. Міцність на розрив визначали при кімнатній температурі. Для оцінки впливу модифікації на структуру та властивості полімерної матриці виготовляли не менше п'яти дослідних зразків для кожного номера зразка. Зразки були без накладок та маркувалися з обох боків номером партії та порядковим номером в партії на тій частині, за яку здійснювалося захоплення. Це забезпечувало ідентифікацію зразків під час випробувань. Кожна партія матеріалу для випробувань включала по п'ять зразків для кожного режиму дослідження властивостей. Перед проведенням випробувань проводили вимірювання розмірів робочої частини зразків. У протокол випробувань заносили значення площі поперечного перерізу зразка [13].

На першому етапі різного розміру дрібнодисперсні часточки оксиду алюмінію вводились безпосередньо в епоксидну смолу, після чого компоненти перемішувалися протягом 10 хвилин і лише після цього вводився отверджувач з наступним перемішуванням компонентів протягом ще 5 хвилин та витримання отриманої речовини на вібраційному столі протягом 10 хвилин. На другому етапі були підготовлені зразки з введеними дрібнодисперсними часточками алюмінію вводились безпосередньо в епоксидну смолу, після чого компоненти перемішувалися протягом 10 хвилин, після було додавання рубленого скловолокна та перемішування протягом 10 хв і лише після цього вводився отверджувач з наступним перемішуванням компонентів протягом ще 5 хвилин та витримання отриманої речовини на вібраційному столі протягом 10 хвилин.

Потім полімерний матеріал знаходився у формі при температурі 21 °C до завершення процесу склування [14]. В результаті підготовки зразків отримали два види зразків. Перші ті які вмістили в собі тільки оксид алюмінію різної фракції та другий тип зразків ті які вмістили в собі оксид алюмінію різного розміру та рублене скловолокно.

Для проведення дослідження зразків на морфологічні зміни та вплив розміру на матрицю було проведені досліди на мікроскопі KEYENCE VHX та растровому електронному мікроскопі.

### Результати досліджень

Дослідження міцності зразків з оксидом алюмінію різною фракції 10 мкм, 100...250 мкм, 250...500 мкм та >600 мкм показало, що зі збільшенням фракції міцність полімерної композиції зменшується (рис. 1).

Такий результат пов'язаний з тим, що зі збільшенням розміру частинок оксиду алюмінію в полімерній композиції зменшується площа поверхні взаємодії, збільшується нерівномірність розподілу наповнювача, виникає агломерація частинок і зменшується ефективна дисперсія, що в кінцевому результаті призводить до зниження міцності матеріалу.

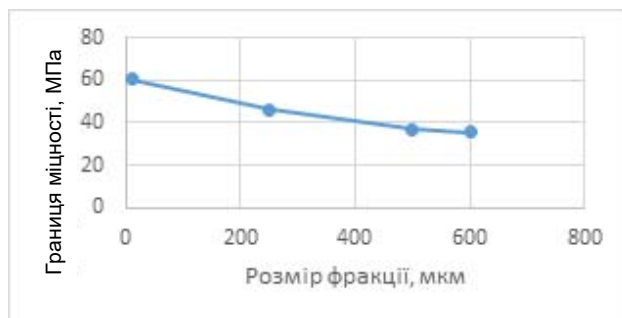


Рисунок 1. Графік залежності межі міцності від розміру фракції оксиду алюмінію

Графік дослідження міцності зразків другого типу, що вмістили в собі оксид алюмінію різної фракції та рублене скловолокно, наведений нижче (рис. 2).

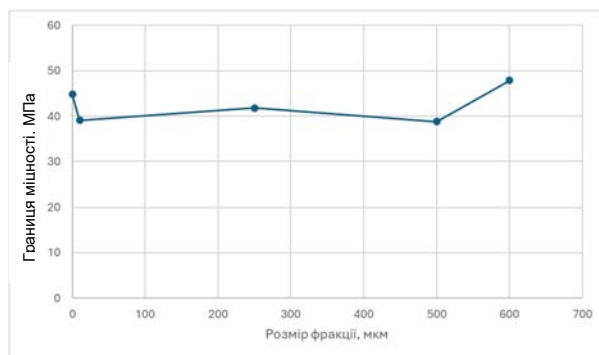


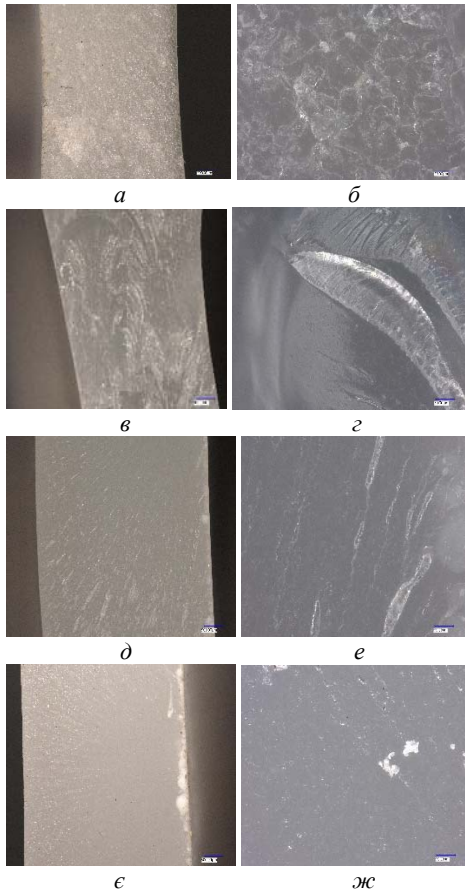
Рисунок 2. Графік залежності границі міцності від розміру фракції оксиду алюмінію в полімерній композиції з рубленим скловолокном

За результатами дослідження не спостерігається різкого зниження границі міцності як після випробувань зразків тільки з додаванням оксиду алюмінію. Такий результат може бути пояснений тим, що рублене волокно додає армуючий ефект, підвищуючи механічні властивості композиції.

Але в дослідженні спостерігається зменшення загального показника межі міцності в порівнянні з зразками які містили тільки оксид алюмінію, великі частинки рубленого скловолокна можуть створювати механічне блокування, що може збільшувати міцність у певних випадках, але часто призводить до нерівномірного розподілу наповнювача і виникнення слабких місць.

Підвищення міцності при розмірі частинок більше 600 мкм може бути обумовлене іншими факторами, такими як механічне блокування частинок або краще розподілення наповнювача в матриці, що зменшує концентрацію напруги. Рублене волокно, в свою чергу, може забезпечувати додаткову стабілізацію і зменшувати ризик утворення дефектів, що підвищує загальну міцність.

Дослідження мікроструктури полімерної матриці, з додаванням різної фракції оксидом алюмінію, свідчить про тенденцію до зменшення в'язкості матеріалу із збільшенням розміру фракції  $Al_2O_3$  (рис. 3).



**Рисунок 3.** Мікроструктура дослідних зразків полімерної матриці з  $Al_2O_3$  різної фракції:

- a* – епоксидна смола та  $Al_2O_3$  (10 мкм)  $\times 50$ ;
- б* – епоксидна смола та  $Al_2O_3$  (10 мкм)  $\times 500$ ;
- в* – епоксидна смола та  $Al_2O_3$  (100...250 мкм)  $\times 50$ ;
- г* – епоксидна смола та  $Al_2O_3$  (100...250 мкм)  $\times 500$ ;
- д* – епоксидна смола та  $Al_2O_3$  (250...500 мкм)  $\times 50$ ;
- е* – епоксидна смола та  $Al_2O_3$  (250...500 мкм)  $\times 500$ ;
- є* – епоксидна смола та  $Al_2O_3$  ( $> 600$  мкм)  $\times 50$ ;
- ж* – епоксидна смола та  $Al_2O_3$  ( $> 600$  мкм)  $\times 500$ ;

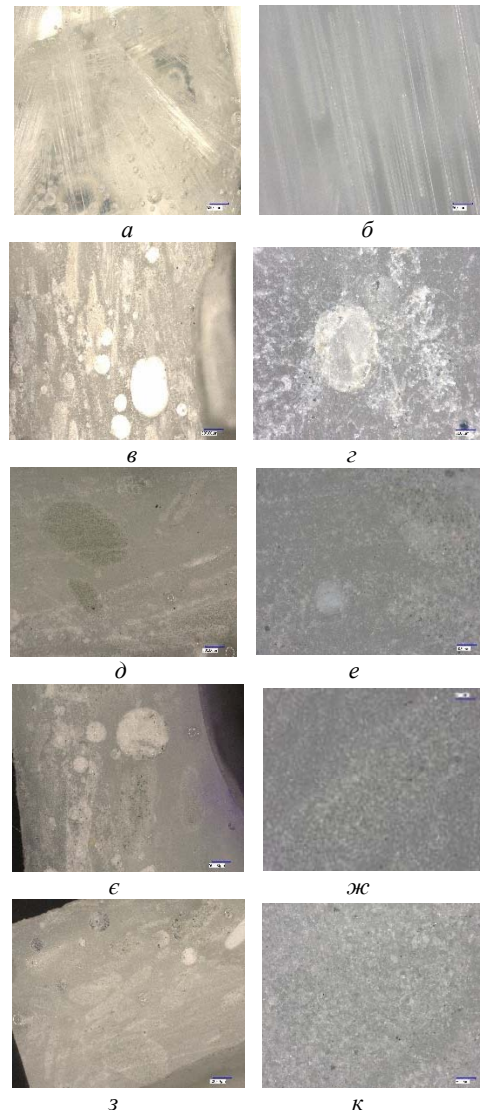
Це пояснюється зменшенням питомої поверхні взаємодії між частинками і полімерною матрицею, більш нерівномірним розподілом великих частинок, меншою взаємодією між частинками і полімерними ланцюгами та зменшенням гідродинамічного об'єму великих частинок [15].

Оптимізація розміру частинок і рівномірний розподіл рубленого волокна можуть значно покращити механічні та реологічні властивості полімерних композитів (рис. 4).

Дослідження показали, що зі збільшенням розміру фракцій оксиду алюмінію міцність і в'язкість полімерної композиції зменшуються. Додавання рубленого волокна частково компенсує цей ефект, але агломерація великих частинок залишається основною проблемою.

Растрова електронна мікроскопія є невід'ємним методом для дослідження мікроструктури полімерних композитів з додаванням оксиду алюмінію та рубленого волокна. Вона дозволяє отримати критично

важливу інформацію про розподіл частинок, агломерацію, взаємодію волокон з матрицею та морфологічні характеристики, що є основою для оптимізації властивостей композитів (рис. 5).

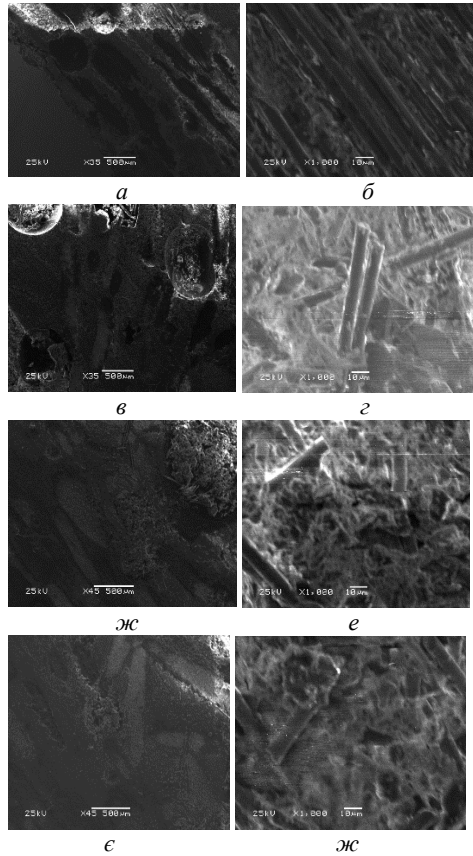


**Рисунок 4.** Мікроструктура дослідних зразків полімерної матриці з  $Al_2O_3$  різної фракції та рубленим скловолокном:

- a* – епоксидна смола та рублене скловолокно  $\times 50$ ;
- б* – епоксидна смола та рублене скловолокно  $\times 500$ ;
- в* – епоксидна смола, рублене скловолокно та  $Al_2O_3$  (10 мкм)  $\times 50$ ;
- г* – епоксидна смола, рублене скловолокно та  $Al_2O_3$  (10 мкм)  $\times 500$ ;
- д* – епоксидна смола, рублене скловолокно та  $Al_2O_3$  (100...250 мкм)  $\times 50$ ;
- е* – епоксидна смола, рублене скловолокно та  $Al_2O_3$  (100...250 мкм)  $\times 500$ ;
- є* – епоксидна смола, рублене скловолокно та  $Al_2O_3$  (250...500 мкм)  $\times 50$ ;
- ж* – епоксидна смола, рублене скловолокно та  $Al_2O_3$  (250...500 мкм)  $\times 500$ ;
- з* – епоксидна смола, рублене скловолокно та  $Al_2O_3$  ( $> 600$  мкм)  $\times 50$ ;
- к* – епоксидна смола, рублене скловолокно та  $Al_2O_3$  ( $> 600$  мкм)  $\times 500$ ;

Полімерна матриця відображається у вигляді гомогенної, але неоднорідної мережі полімерних ланцюгів, що вкраплені частками скловолокна та оксиду алюмінію. Рублене скловолокно відзначається

дрібною, розгалуженою структурою, де окремі волокна або фрагменти волокон різних розмірів пронизують полімерну матрицю. Поверхня скловолкна може бути пористою або має мікрохвилі, що свідчить про процес його подрібнення.



**Рисунок 5.** Мікроструктура дослідних зразків полімерної матриці з  $\text{Al}_2\text{O}_3$  різної фракції та рубленим скловолном за допомогою растрової електронної мікроскопії

*a* – епоксидна смола, рублене скловолно та  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (10мкм)  $\times 35$ ; *б* – епоксидна смола, рублене скловолно та  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (10 мкм)  $\times 1000$ ; *в* – епоксидна смола, рублене скловолно та  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (100...250 мкм)  $\times 35$ ; *г* – епоксидна смола, рублене скловолно та  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (100...250 мкм)  $\times 1000$ ; *д* – епоксидна смола, рублене скловолно та  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (250...500 мкм)  $\times 45$ ; *е* – епоксидна смола, рублене скловолно та  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (250...500 мкм)  $\times 1000$ ; *ж* – епоксидна смола, рублене скловолно та  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ( $> 600$  мкм)  $\times 45$ ; *з* – епоксидна смола, рублене скловолно та  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ( $> 600$  мкм)  $\times 1000$

У цілому, зображення підтверджує складну взаємодію між компонентами композитного матеріалу та вказує на потенційні перспективи для його застосування в областях, де вимагається поєднання міцності, стійкості та легкості.

### Висновки

Вивчення впливу розміру фракції оксиду алюмінію на механічні властивості та взаємодію з рубленим скловолном виявилось важливим етапом у дослідженні композитних полімерних матеріалів. Результати дослідження свідчать про те, що зі

збільшенням розміру фракції спостерігається зменшення міцності полімерної композиції, що може бути важливим фактором для подальшої оптимізації складу та властивостей матеріалу. Крім того, вивчення взаємодії рубленого скловолкна та фракції оксиду алюмінію сприяє розумінню процесів утворення та морфології композиту, що може відкривати нові перспективи для розробки матеріалів з покращеними характеристиками для широкого спектру застосувань у промисловості та інших галузях.

### Список літератури

1. Utracki L. A. Polymer blends handbook / Utracki L. A., Wilkie C. A. – London : Springer New York; Heidelberg Dordrecht, 2014. – 2373 p.
2. Enhancement of the mechanical properties of a polylactic acid/flax fiber biocomposite by WPU, WPU/starch, and TPS polyurethanes using coupling additives / Miskolczi N., Sedlarik V., Kucharczyk P., Riegel E. // Mech. Compos. Mater. – 2018. – Vol. 53, No 6. – P. 791–800.
3. Polym.Comp. / T. Kauly, B. Keren, A. Siegmann, and M. Narkis. – 17, 806. – 1996.
4. N. Minagawa and J.L. White J. Appl. Polym. Sci., 20, 501. – 1976.
5. A. V. Shenoy Rheology of Filled Polymer Systems / A.V. Shenoy/ – Kluwer, Dordrecht-Boston. – 1999.
6. M.A. Osman and A. Atallah, Polymer, 47, 2357 (2006).
7. Lau KT, Gu C, Hui D. A critical review on nanotube and nanotube / nanoclay related polymer composite materials. Composites Part B 2006;37:425–36.
8. Sumita M, Shizuma T, Miyasaka K, Ishikawa K. Effect of reducible properties of temperature, rate of strain, and filler content on the tensile yield stress of nylon 6 composites filled with ultrafine particles. J Macromol Sci 1983;B22:601–18.
9. Bartzczak Z, Argon AS, Cohen RE, Weinberg M. Toughness mechanism in semi-crystalline polymer blends: II. High-density polyethylene toughened with calcium carbonate filler particles. Polymer 1999;40:2347–65.
10. Radford KC. The mechanical properties of an epoxy resin with a second phase dispersion. J Mater Sci 1971;6:1286–91.
11. M. Sreekanth, V. Bambole, S. Mhaske and P. Mahanwar, “Effect of Particle Size and Concentration of Flyash on Properties of Polyester Thermoplastic Elastomer Composites”, Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering, Vol. 8, No. 3, 2009, P. 237–248. doi: 10.4236/jmmce.2009.83021.
12. Офіційний сайт «Система Оптимум» [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://www.systopt.com.ua/>
13. ДСТУ EN ISO 527-5:2018 Пластмаси. Визначення властивостей під час розтягування. Частина 5. Умови випробування односпрямованих волокнистих пластмасових композитів: чинний з 2020-01-01. – К : Технічний комітет стандартизації «Каучуки, гуми та гумові вироби» (ТК 128) 2020. ISO 527-5:2009, IDT.

14. Підковинська У. В. Дослідження впливу модифікування на міцність композитної полімерної матриці : магістерська робота / У. В. Підковинська. – Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2019. – 95 с. [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://eir.zntu.edu.ua/handle/123456789/5324>

15. Physical and colloid chemistry. Textbook for students of higher schools / edited by V. I. Kabachnyy, V. I. Kabachnyy, L. K. Osipenko, L. D. Grytsan [e. o.] // Kharkiv : NUPh : Golden Pages, 2011. – 376 p.

Одержано 25.09.2024

## INFLUENCE OF FILLER SIZE ON THE STRUCTURE AND PROPERTIES OF THE POLYMER MATRIX

Pidkovynska U. Postgraduate student, Department of Composite Materials, Chemistry and Technology, National University Zaporizhzhia Polytechnic, Zaporizhzhia, Ukraine, e-mail: [uliana.pidkovynska@gmail.com](mailto:uliana.pidkovynska@gmail.com), ORCID: 0000-0002-2953-1863

Savchenko V. Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Composite Materials, Chemistry and Technology, National University Zaporizhzhia Polytechnic, Zaporizhzhia, Ukraine, e-mail: [savchen2017@gmail.com](mailto:savchen2017@gmail.com), ORCID: 0000-0002-4305-0097

**Purpose.** *The aim of the study is to investigate the influence of aluminum oxide ( $Al_2O_3$ ) particle size on the mechanical properties of a polymer composite with added chopped glass fiber, as well as to explore the interaction between aluminum oxide particles and chopped glass fiber.*

**Research methods.** *Specimens were tested for tensile strength according to DSTU EN ISO 527-5:2018. Testing was conducted using an MTS Criterion Model 43 universal testing machine with a maximum load of 50 kN. Metallographic analysis was performed using a KEYENCE VHX microscope at magnifications of 50× and 500×. The microstructure of the polymer matrix was determined on unetched samples. Scanning electron microscopy was carried out using a JEOL JSM-5510LV microscope.*

**Results.** *The influence of introducing different sizes of aluminum oxide fraction on the polymer matrix was studied. It was found that with an increase in the fraction size, the strength of the polymer composition decreases. Additionally, the interaction between chopped glass fiber and various fractions of aluminum oxide on the mechanical characteristics and morphology of the connection with the polymer composition was investigated.*

**Scientific novelty.** *The interaction of chopped fiber with aluminum oxide fractions may affect the mechanical properties of the composite, such as strength, stiffness, and elasticity. Investigation of the morphology of the connection between chopped fiber and aluminum oxide fractions can help understand how they interact within the composite structure. This includes analyzing the adhesion between components, the structure of junctions, and possible defects that may arise during the manufacturing process. Studying this interaction opens up opportunities for the development of new composite materials with improved properties and diverse applications in industry, construction, aviation, automotive, and other fields.*

**Practical value.** *The practical significance lies in refining manufacturing technologies and implementing new materials in industry. The ability to control the mechanical properties of composites by changing the size of aluminum oxide fractions can contribute to the creation of more efficient materials for the production of automobiles, aircraft, building constructions, and more. Additionally, understanding the interaction between chopped glass fiber and aluminum oxide fractions may open up new possibilities for developing composites with unique mechanical characteristics that meet the requirements of modern technologies and industrial production.*

**Key words:** *glass fiber, matrix, filler, modification, aluminum oxide, epoxy compound.*

### References

1. Utracki L. A., Wilkie C. A. (2014). Polymer blends handbook. London: Springer New York; Heidelberg Dordrecht, 2373.

2. Miskolcei N., Sedlarik V., Kucharczyk P., Riegel E. (2018). Enhancement of the mechanical properties of a

polylactic acid/flax fiber biocomposite by WPU, WPU/starch, and TPS polyurethanes using coupling additives. Mech. Compos. Mater, 53, 66 791–800.

3. T. Kauly, B. Keren, A. Siegmann, and M. Narkis (1996). Polym. Comp., 17, 806.

4. N. Minagawa and J.L. White, *J. Appl. Polym. Sci.*, 20.
5. A. V. Shenoy (1999). *Rheology of Filled Polymer Systems*, Kluwer, Dordrecht-Boston.
6. M. A. Osman and A. Atallah. (2006). *Polymer*, 47, 2357.
7. Lau KT, Gu C, Hui D. (2006). A critical review on nanotube and nanotube/ nanoclay related polymer composite materials. *Composites, B*; 37:425–36.
8. Sumita M., Shizuma T., Miyasaka K., Ishikawa K. (1983). Effect of reducible properties of temperature, rate of strain, and filler content on the tensile yield stress of nylon 6 composites filled with ultrafine particles. *J Macromol Sci; B22*:601–18.
9. Bartczak Z, Argon AS, Cohen RE, Weinberg M. (1999). Toughness mechanism in semi-crystalline polymer blends: II. High-density polyethylene toughened with calcium carbonate filler particles. *Polymer*;40:2347–65.
10. Radford KC. (1971). The mechanical properties of an epoxy resin with a second phase dispersion. *J Mater Sci* 1971;6:1286–91.
11. M. Sreekanth, V. Bambole, S. Mhaske and P. Mahanwar (2009). “Effect of Particle Size and Concentration of Flyash on Properties of Polyester Thermoplastic Elastomer Composites”, *Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering*, 8, 3, 237–248. doi: 10.4236/jmmce.2009.83021.
12. Official website “System Optimum” [Electronic resource] / Access mode: <https://www.systopt.com.ua/>
13. State Standard of Ukraine DSTU EN ISO 527-5:2018 Plastics. Determination of tensile properties. Part Test conditions for unidirectional fibre-reinforced plastic composites. “Effective from 2020-01-01. Kyiv: Technical Committee for Standardization “Rubbers, rubber and plastic products” (TC 128). ISO 527-5:2009, IDT.
14. Pidkovinska U.V. (2019). *Doslidzhennya vplyvu modifikatsiyi na mitsnist kompozytnoyi polimernoyi matrytsi*. [Investigation of the influence of modification on the strength of composite polymer matrix]. Master’s thesis, Zaporizhzhia: Zaporizhzhia Polytechnic National University. Available at: <http://eir.zntu.edu.ua/handle/123456789/5324>
15. *Physical and colloid chemistry* (2011). Textbook for students of higher schools / edited by V. I. Kabachnyy, V. I. Kabachnyy, L. K. Osipenko, L. D. Grytsan [e. o.]. Kharkiv : NUPh : Golden Pages, 376.