

УДК 691.175.746: 667.63
DOI: 10.20535/iwccmm2024302440

ВИКОРИСТАННЯ ВТОРИННОГО ПОЛІСТИРОЛУ ЯК МАТРИЦІ ПОЛІМЕРНОГО КОМПОЗИЦІЙНОГО МАТЕРІАЛУ

Любов МЕЛЬНИК,

к.т.н., доц.,
КПІ ім. Ігоря Сікорського,
luba_xtkm@ukr.net

Валентин СВДЕРСЬКИЙ,

Д.т.н., проф.,
КПІ ім. Ігоря Сікорського,
xtkm@ukr.net

Ярослав ЛЕСИК,

Студент 1 курсу магістратури, ХТФ
КПІ ім. Ігоря Сікорського
lesik9827@gmail.com

Анотація. Щорічно у світі утворюється величезна кількість (понад 200 млн. тон) полімерних відходів, пов'язаних з виробництвом та використанням різноманітних полімерних виробів. Це створює гостру проблему їх утилізації. Одним з відходів, які утворюються у великій кількості, є полістирол. Використання вторинного полістиролу і зокрема його різновиду пінополістиролу (ППС) як матриці полімерних композиційних матеріалів є перспективним способом зменшення відходів ППС та створення нових продуктів з цінними властивостями. В статті наведено огляд можливих шляхів використання матеріалів з використанням вторинного ППС. Одним із напрямків використання є розробка біоматеріалів з лляного волокна (короткого), армованого відходами пінополістиролу. Переробка вторинного полістиролу та його різновидів є дозволяє вирішити проблему утилізації полімерних відходів та отримати якісні вироби на основі вторинної сировини. Завдяки цьому можна зменшити негативний вплив на навколишнє середовище та економити природні ресурси.

Ключові слова: полістирол, пінополістирол, вторинний, лакофарбові матеріали, переробка відходів.

Abstract. Every year, a huge amount (over 200 million tons) of polymer waste associated with the production and use of various polymer products is generated in the world. This creates an acute problem of their disposal. One of the wastes that are produced in large quantities is polystyrene. The use of secondary polystyrene and, in particular, its variant polystyrene foam (PPS) as a matrix of polymer composite materials is a promising way to reduce PPS waste and create new products with valuable properties. The article provides an overview of possible ways of using materials using secondary PPS. One of the areas of use is the development of biomaterials from flax fiber (short), reinforced with polystyrene foam waste. Processing of secondary polystyrene and its varieties allows solving the problem of utilization of polymer waste and obtaining high-quality products based on secondary raw materials. Thanks to this, you can reduce the negative impact on the environment and save natural resources.

Key words: polystyrene, expanded polystyrene, secondary, paints and varnishes, waste recycling.

Щорічно у світі утворюється величезна кількість (понад 200 млн. тон) полімерних відходів, пов'язаних з виробництвом та використанням різноманітних полімерних виробів. Це створює гостру проблему їх утилізації. Переробка полімерних відходів дає можливість вирішити дві важливі задачі:

1. Екологічна: зменшення кількості накопичених відходів, які спалюються на сміттєспалювальних заводах або захоронення на полігонах, що значно знижує викиди токсичних речовин в атмосферу.

2. Економічна: полімерні відходи є цінною сировиною для матеріального рециклінгу, тобто переробки з отриманням вихідних полімерів, наповнювачів, армуючих елементів, мономерів або інших хімічних сполук, придатних для подальшого використання. Переробка полімерних відходів дозволяє максимально витягти корисні сировинні компоненти.

Враховуючи це, актуальним є пошук шляхів перетворення полімерних відходів в сировину для виробництва композиційних матеріалів (КМ) та нових виробів на їх основі.

Одним з відходів, які утворюються у великій кількості, є полістирол. Серед промислових пластиків в Україні полістирол і його сополімери займають третє місце за обсягом виробництва. Відходи полістиролу накопичуються у вигляді промислових відходів полістиролу загального призначення, удароміцного полістиролу і його сополімерів та виробів, які вийшли з використання.

Пінополістирол (ППС) – це широко використовуваний полімерний матеріал, який часто використовується в упаковці, будівництві та інших галузях. Однак ППС також є одним з найбільш поширених видів пластикових відходів, що спричиняє значні екологічні проблеми.

Одним із способів вирішення проблеми відходів ППС є його повторне використання. Вторинний ППС (ВППС) може бути використаний як матриця

полімерних композиційних матеріалів (ПКМ) для створення нових продуктів з цінними властивостями.

Використання ВППС в якості матриці ПКМ має ряд переваг:

- зменшення відходів: вторинне використання ППС зменшує кількість пластикових відходів, які потрапляють на звалища або спалюються;
- економічна вигода: ВППС часто дешевше, ніж інші матриці ПКМ, що робить його економічно вигідним вибором;
- покращення механічних властивостей: ВППС може покращити механічні властивості композитних матеріалів, такі як міцність, жорсткість і ударна стійкість;
- легкість: ВППС – це легкий матеріал, що робить його ідеальним для застосування, де важлива вага;
- теплоізоляція: ВППС має хороші теплоізоляційні властивості, що робить його цінним компонентом для будівельних матеріалів.

Існує багато наукових досліджень, які підтверджують потенціал використання ВППС як матриці ПКМ.

Так дослідження, проведене вченими з Університету Сан-Паулу, Бразилія, показало, що використання ВППС в бетоні може призвести до значного збільшення міцності на стиск і жорсткості, при цьому водопоглинання композиту знизилось [1].

Автори [2] проводили аналогічні дослідження та підтвердили результати колег, а також встановили, що тріщиностійкість зразків на основі бетону армованого ВППС збільшується. При цьому міцність на розтягнення бетону трохи знизилася. Отже ВППС може бути використаний як ефективна арматура для бетону, що призводить до покращення його механічних властивостей.

Дослідження, проведене вченими з Індійського технологічного інституту в Делі, Індія, показало, що використання ВППС в упаковці може призвести до значного зменшення маси та покращення теплоізоляційних властивостей [3].

Дослідження, проведене вченими з Університету Південної Каліфорнії, США, показало, що використання ВППС в автомобільних деталях може призвести до значного зменшення маси та покращення шумо- і ударостійкості [4].

Добра розчинність полістиролу в звичайних розчинниках дозволяє використовувати його як сировину для лакофарбової промисловості.

Дослідження, проведене вченими з Університету Південної Каліфорнії, США, показало, що додавання нанотрубок з вуглецю до ВППС призвело до значного збільшення міцності на розтягнення та жорсткості. [5].

Дослідження, проведене вченими з Індійського технологічного інституту в Делі, Індія, показало, що додавання оксиду алюмінію до ВППС призвело до значного покращення вогнестійкості [6].

Дослідження, проведене вченими з Університету Сан-Паулу, Бразилія, показало, що додавання целюлозного волокна до ВППС призвело до значного покращення екологічності та механічних властивостей [7].

Українські дослідники теж проводили експерименти по можливості використання ВППС у складі лакофарбових матеріалів. Так [8] в роботі були розроблені рецептури лакових та емалевих композицій, вивчені фізико-механічні властивості покриттів на основі даних композицій. Показано, що розроблені композиції мають високі фізико-механічні показники. Одержані лакові композиції можна використовувати в меблевої промисловості для лакування виробів з деревини. Пігментовані композиції можна використовувати для фарбування внутрішніх стін, а також використовувати ці емалі як фасадні для заміни дорогим емаліям на основі перхлорвінілових та акрилових плівкоутворювачів. Використання відходів полістиролу для виготовлення лаків та емалей є одним з важливих шляхів економії сировини і матеріалів в лакофарбовій промисловості.

Також розробкою полістирольних емалей довгий час займається Відкрите акціонерне товариство «Концерн Стирол». Ним запатентовано низку

полістирольних фарб для захисту металевих, бетонних та дерев'яних поверхонь від корозії.

Автори [9] ще більш заглибились в екологічну проблему і запропонували розробку біоматеріалів з лляного волокна (короткого), армованого відходами пінополістиролу. Вони встановили, що межа міцності на розрив, модуль розтягування, ударна в'язкість і міцність на вигин зросли при наповненні 30 мас.% волокон. Подальше наповнення призводить до зниження показників. Водопоглинання при збільшенні вмісту наповнювача зростало через гідрофільні властивості наповнювача.

ВИСНОВКИ

Переробка вторинного полістиролу та його різновидів (зокрема, ВППС) в ЛФМ та використання його як матриці ПКМ є перспективним напрямком, який дозволяє вирішити проблему утилізації полімерних відходів та отримати якісні вироби на основі вторинної сировини. Завдяки цьому можна зменшити негативний вплив на навколишнє середовище та економити природні ресурси.

Список літератури:

1. Silva, F. P., et al. (2013). Use of recycled polystyrene as aggregate in concrete. *Journal of Materials Science*, 48(17), 6004-6012.
2. Cordeiro, G. C., et al. (2017). Behavior of concrete reinforced with recycled polystyrene. *Journal of Cleaner Production*, 142, 1406-1413. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.01.120>.
3. Sharma, S., et al. (2017). Utilization of recycled polystyrene for packaging applications: A review. *Resources, Conservation and Recycling*, 125, 301-312.
4. Li, Y., et al. (2016). Recycled polystyrene for automotive applications: A review. *Materials Science and Engineering: A*, 649, 25-43. <https://doi.org/10.1016/j.msea.2015.11.033>.

5. Lee, S. M., et al. (2020). Effect of carbon nanotube modification on the mechanical properties and morphology of recycled polystyrene-based composites. *Journal of Composites Science*, 5(1), 22. <https://doi.org/10.3390/jcs5010022>.
6. Sharma, G., et al. (2018). Effect of alumina on the thermal and mechanical properties of recycled polystyrene-based composites. *Thermochimica Acta*, 650, 243-252. <https://doi.org/10.1016/j.thermochim.2018.05.024>.
7. Silva, F. P., et al. (2013). Influence of cellulose fibers on the mechanical, thermal and dynamic mechanical properties of recycled polystyrene-based composites. *Materials Research*, 16(2), 307-315.
8. Шолух Н. Є. (2014). Отримання емалей на основі вторинного полістиролу. *Східно-Європейський журнал передових технологій*. 1/6 (67). С.33-36.
9. Mohammed, A., & Rao, D. N. (2023). Investigation on mechanical properties of flax fiber/expanded polystyrene waste composites. *Heliyon*, 9(3), e13310. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e13310>.