

БЮКОМПОЗИТНІ МАТЕРІАЛИ З ВМІСТОМ КАВОВОЇ ГУЩІ

Садова О.Л.^[0000-0002-6152-5447], к.т.н., доц.,

Вишинський М.І.^[0009-0008-0091-524X], аспірант, Кашицький Д.В., студент, Калус В.О., студентка

Луцький національний технічний університет, вул. Львівська, 75, Луцьк, 43018, Україна
v.kashytskyi@lntu.edu.ua

Вступ. Для розробки біокомпозитних матеріалів найбільш широко використовуваними біополімерами є полі(молочна кислота) (PLA), ефіри целюлози, полігидроксіалканоати (PHA) і пластмаси на основі крохмалю [1]. Кількість досліджень різних форм термореактивних і термопластичних біосмол зростає в останні роки, що призвело до ширшого використання біоматеріалів в різних галузях промисловості [2, 3].

Біологічні смоли мають переваги порівняно з синтетичними смолами, наприклад, вони енергоефективні у виробництві (65% менше енергії, необхідної для виробництва), безпечні (нетоксичні, біологічно розкладаються), придатні для вторинної переробки, відновлювані (виготовлені з біомаси) і екологічно чисті (68% менше викидів парникових газів) [4, 5].

Епоксидні смоли на біологічній основі виготовляються з використанням відновлюваної сировини, такої як рослинна олія, лігнін, жирні кислоти та целюлоза [6]. Епоксидування подвійних зв'язків у рослинних оліях, таких як соєва, лляна та пальмова олії, можна здійснити з використанням активного кисню (наприклад, перекису водню або пероцтової кислоти). Відомі біосмоли: фенольні смоли на біооснові, епоксидна смола на біооснові, поліуретан на біооснові, ацетат целюлози, біополіефіри, біополіолефіни [1, 4, 5].

В роботі розроблено екологічно чисту оправу окулярів [7, 8], виготовлену з переробленої кавової гущі, натуральних олій і біополімеру на основі рослинних олій, які використовуються як сполучна речовина. Окуляри водонепроникні завдяки спеціальному типу гідрофобного покриття. Технологічний процес включає 39 стадій обробки, більшість з яких виконується вручну. Біоматеріал каркасів окулярів розкладається приблизно за 10 років у природних умовах.

Результати досліджень. Для формування матриці біокомпозитів використано гранули кісткового клею. Як наповнювач використано відходи рослинного походження – кавову гущу. Після змішування компонентів формування біокомпозитів проводили в прес-формі під тиском з наступною термічною обробкою, яка полягала у витримці в печі за температури 150 °C протягом 2 годин.

Експериментально встановлено, що найвищу міцність на стискання 79,6 МПа мають біокомпозити зі щільністю 1,17 г/см³, що містять 200 мас. ч. наповнювача та сформовані за основним режимом термічної обробки (1 год 150 °C + пресування + 1 год 150 °C). За умови скорочення тривалості витримки на другому етапі термічної обробки (1 год 150 °C + пресування + 30 хв 150 °C) відбувається зниження на 24-25 % міцності на стискання біокомпозитів з вмістом кавової гущі 200 мас. ч. порівняно з витримкою 1 год під час термічної обробки за основним режимом. Зниження характеристики пов'язано з недостатньою тривалістю витримки у тепловому полі, яка необхідна для формування структури біокомпозитного матеріалу після додаткового стискання композиції. Це призводить до нерівномірного розподілу глютинового в'язучого в композиції з більшим вмістом частинок наповнювача порівняно з ступенем наповнення 190 мас. ч. В такому випадку значення межі міцності на стискання біокомпозитів з вмістом 200 мас. ч. відрізняється лише на 2 % порівняно з міцністю біокомпозитів, які містять 190 мас. ч. наповнювача. Аналогічна різниця в значеннях міцності біокомпозитів з різним вмістом наповнювача (190 мас. ч. та 200 мас. ч.), які сформовані за основним режимом обробки, становить 8-9 %, що вказує на домінуючий вплив теплової енергії на першому етапі обробки порівняно із збільшенням на 10 мас. ч. кількості наповнювача в системі.

Зменшення міцності на стискання на 30 % та на 36 % відбувається у випадку зниження тривалості витримки на першому етапі термічної обробки (30 хв 150 °C + пресування + 1 год 150 °C) та на двох етапах обробки (30 хв 150 °C + пресування + 30 хв 150 °C) відповідно. Дані результати добре корелюють із значеннями міцності на стискання біокомпозитних матеріалів з вмістом наповнювача 190 мас. ч., що пояснюється недостатньою кількістю теплової енергії для формування глютинових біокомпозитів.

Необхідно було також встановити оптимальну концентрацію розчину глютину, що дозволить сформувати біокомпозитні матеріали з високими механічними характеристиками. Сформовано біокомпозитні зразки з різною концентрацією кісткового клею: 50%, 43%, 38%. Вміст кавової гуші вибрано 200 мас. ч., оскільки за даного вмісту наповнювача отримано біокомпозитні матеріали з найвищими значеннями міцності на стискання. Щільність біокомпозитних матеріалів становила 1,17 г/см³ та 1,38 г/см³. Встановлено, що із зниженням концентрації кісткового клею у водному розчині матриці відбувається зниження міцності на стискання розроблених біокомпозитів.

Найвищу міцність на стискання 73,2 МПа серед біокомпозитів зі щільністю композиції в прес-формі 1,17 г/см³ отримано для матеріалів на основі розчину глютину з концентрацією 50%. Із зменшенням концентрації глютину до 43% відбувається зниження на 9% міцності на стискання біокомпозитів, що становить 66,9 МПа. Зниження концентрації глютину до 43% призводить до додаткового зниження міцності на стискання біокомпозитів (58,9 МПа) на 24% та 14% порівняно із біокомпозитами на основі розчину глютину з концентрацією 50% і 43% відповідно. Зниження міцності на стискання біокомпозитів пов'язане із зменшенням кількісного вмісту кісткового клею та збільшенням кількісного вмісту води, надлишок якої в матеріалі є шкідливим, оскільки перешкоджає структуруванню матеріалу.

Серед розроблених біокомпозитів із щільністю 1,38 г/см³ найвищу міцність на стискання 74,8 МПа мають біокомпозитні матеріали також із концентрацією розчину глютину 50%. Із зменшенням концентрації розчину глютину до 43% відбувається зниження на 17% міцності на стискання біокомпозитів, що становить 63,7 МПа. Подальше зменшення концентрації розчину глютину до 38% призводить до додаткового зниження міцності на стискання (63,1 МПа) біокомпозитів на 19% порівняно із біокомпозитами на основі розчину глютину з концентрацією 50%. Вищу міцність на стискання 74,8 МПа мають біокомпозити, наповнені 200 мас. ч. кавовою гущею з концентрацією розчину глютину 50% та щільністю композиції та 1,38 г/см³ порівняно із біокомпозитами з аналогічною концентрацією розчину глютину та щільністю композиції 1,17 г/см³.

Список літератури

1. Mahmuda A., Uddin Md H., Tania I.S. (2022). Biocomposites based on natural fibers and polymers: A review on properties and potential applications, 41(17-18).
2. Ferdosian F., Yuan Z., Anderson M., et al. (2014). Synthesis of lignin-based epoxy resins: optimization of reaction parameters using response surface methodology. RSC Adv. 4, 31745-31753.
3. Zhu J., Chandrashekhara K., Flanigan V., Kapila S. (2004). Curing and Mechanical Characterization of a Soy-Based Epoxy Resin System. Journal of Applied Polymer Science, 91(6), 3513-3518.
4. Raquez J.-M., Deléglise M., Lacrampe M.-F., et al. (2010). Thermosetting (bio) materials derived from renewable resources: a critical review. Progress in Polymer Science, 35(4), 487-509. <https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2010.01.001>
5. Kaplan D.L. (1998). Introduction to biopolymers from renewable resources. Biopolymers from renewable resources. Verlag Berlin Heidelberg New York: Springer, 1-29.
6. Kaushik, M.S., Verma G. (2020). Green nanocomposites based on thermoplastic starch and steam exploded cellulose nanofibrils from wheat straw. Carbohydr. Polymers, 82(2), 337-345.

7. <https://greenpost.ua/ru/news/ekookulyary-z-kavy-startap-ukrayinczya-yakym-varto-zahoplyuvatysya-i864>
8. https://zavodshop.com.ua/brands/ochis?srsId=AfmBOopKG3_ysfUJkJmzM55yGX_kkTWjr-HmA95gofXVMKSUIubKfOY