

УДК 677.11-037.1.004.14

М.Д. Мельничук¹, С.П. Коропченко², О.А. Андрушко¹, В.М. Скуба¹*Луцький національний технічний університет¹,**Дослідна станція луб'яних культур Інституту сільського господарства НААН України²***МЕХАНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЛІМЕРКОМПОЗИТУ АРМОВАНОГО ВОЛОКНАМИ ТЕХНІЧНОЇ КОНОПЛІ**

У статті приведено результати дослідження механічних характеристик (ударна в'язкість, границя міцності, твердість) полімеркомпозиту армованого волокнами технічної коноплі. Розглянуто вплив розміру волокон та способу структурування поліефірної матриці на механічні властивості. Визначено оптимальний склад композиту, що забезпечує найкращі механічні властивості. Встановлено, що досліджуваний композит може застосовуватись, як конструкційний матеріал на основі відновлюваного джерела.

Ключові слова: технічна конопля, волокно, полімеркомпозит, механічні характеристики.

Н.Д. Мельничук¹, С.П. Коропченко², О.А. Андрушко¹, В.М. Скуба¹*Луцкий национальный технический университет¹,**Опытная станция лубяных культур Института сельского хозяйства НААН Украины²***МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЛИМЕРКОМПОЗИТА АРМИРОВАННОГО ВОЛОКНАМИ ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНОПЛИ**

В статье приведены результаты исследования механических характеристик (ударная вязкость, предел прочности, твердость) полимеркомпозита армированного волокнами технической конопли. Рассмотрено влияние размера волокон и способа структурирования полиэфирной матрицы на механические свойства. Определен оптимальный состав композита, что обеспечивает лучшие механические свойства. Установлено, что исследуемый композит может применяться как конструкционный материал на основе возобновляемого источника.

Ключевые слова: техническая конопля, волокно, полимеркомпозит, механические характеристики.

M. Melnychuk¹, S. Konopchenko², O. Andrushko¹, V. Skyba¹*Lutsk National Technical university¹,**Research Station of bast crops the Institute of Agriculture NAAS of Ukraine²***MECHANICAL PROPERTIES OF POLYMER COMPOSITE MATERIALS AS REINFORCED FIBER TECHNICAL HEMP**

Results of research of mechanical characteristics (impact toughness, tensile strength, hardness) of polymer composite that is fiber-reinforced by technical hemp are given in the article. The effect of size of fibers and method of structuring the polyester matrix on the mechanical properties is studied. The optimal composition of the composite, which provides better mechanical properties is defined. It is determined that the investigated composites can be used as construction material based on renewable source.

Key words: technical hemp, fiber, polymer composite, mechanical properties.

Постановка проблеми.

В даний час широко використовуються в багатьох промислових областях синтетичні полімерні композиційні матеріали, що мають невелику питому масу і відповідають вимогам до міцності. Проте, зі збільшенням кількості синтетичних полімерних матеріалів у всьому світі все більш актуальними стають проблеми забруднення відходами навколишнього середовища та вичерпування вуглеводнів, як основної сировини[1,2].

Відповідно до підходів стійкого розвитку у світі існують тенденції до збереження вичерпних ресурсів, або таких, що мають тривалий час відновлення. Тому широко проводять дослідження для впровадження сировини, яка дуже швидко відновлюється (не більше 1 року). Новітні композитні матеріали на основі технічних конопель в більшості економічно розвинених країн світу вважаються надзвичайно перспективним матеріалом для різноманітних сфер людського життя.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. В ході досліджень було проаналізовано наукові статті G. Suardana, Yingjun Piao (Південна Корея) [1], Amir Etaati, Selvan Pather (Австралія) [2] L. Mott та M. Hughes (США)[3]. Багато дослідників вивчали композити на основі різних природних волокон. Як свідчать результати досліджень, у порівнянні з синтетичними волокнами, використання в композитах натуральних волокон має ряд переваг: густина, відновлюваність, здатність до біологічного розкладання, екологічність, нижча вартість[1-5]. Деякі дослідження показують, що природні волокна мають потенціал для заміни скловолокон в полімерних

композиційних матеріалах [4]. Вони вже знайшли застосування в будівництві, автомобілебудуванні та виробництві матеріалів упаковки. Волокна технічної коноплі є недорогими і мають хороші механічні властивості в порівнянні з іншими натуральними волокнами.

Ключові проблеми у виготовленні полімер композитів пов'язані з необробленими природними армуючими волокнами, що зумовлені поганою міжфазною адгезією між волокнами целюлози і матрицею, обмеженою термічною стабільністю композитів, поганим розподілом волокон і дисперсією в межах композитів [5].

Постановка завдань. На основі викладеного можна сформулювати завдання дослідження, яке полягає в визначенні оптимального складу, способу формування матеріалів наповнених волокнами технічної коноплі різної довжини, проведення досліджень на визначення ударної в'язкості, міцності на розтяг, твердості.

Виклад основного матеріалу дослідження.

В даній роботі було проведено ряд досліджень для встановлення залежностей між складом, режимом структурування та механічними властивостями композиту армованого технічними коноплями - конструкційного призначення. В даній роботі, як в'язуче використано поліефірні смоли двох марок CRYSTIC 2-446 PA. Композити наповнені волокном коноплі з хаотично та односпрямованими безперервними волокнами. Вміст волокон варіювали від 5 до 40 мас.ч %. Зразки під час формування піддавали сушінню за температур від 100 до 180 °С.

В таблиці 1 представлені характеристики довгого конопляного волокна з трести водного змочування, які використовували для армування, а на рисунку 1 показано загальний вигляд конопляного волокна.

Таблиця 1

Характеристика довгого конопляного волокна з трести водного змочування (зеленець)

Показник	Значення
Довжина, см	163
Розривне навантаження, Н	430
Лінійна щільність, текс	42
Сорт волокна	відбірний
Номер волокна, №	5,8



Рис. 1. Волокно конопляне довге з трести водного змочування (зеленець)

Оптимальний склад композиту визначали емпірично за основними механічними характеристиками матеріалу. Для цього враховували такі параметри: розмір та форму наповнювача, масове співвідношення компонентів, спосіб змішування, порядок додавання компонентів, спосіб та температуру сушіння.

Для армування було використано за розмірними параметрами волокна технічної коноплі двох типів:

I – діаметром 420...470 мкм та довжиною 150 мм;

II – діаметром 80...120 мкм та довжиною 20 мм.

Ударну в'язкість за методом Шарпі визначали згідно ГОСТ 4647 за температури +20 °С. Результати дослідження на ударну в'язкість представлені на рисунку 2. Взірці виготовляли з двома типами наповнювача: товстішими та довгими волокнами - **тип I** та більш тонкими та короткими - **тип II**.

Волокна першого типу були зорієнтовані вздовж прямокутних візців і відповідно перпендикулярно осі молота маятника, а волокна **II-типу** розміщені хаотично в матриці полімеру. Як видно з залежностей найвища ударна в'язкість у візців, які були армовані волокнами з діаметром 80...120 мкм та мали хаотичний розподіл у полімерній матриці.

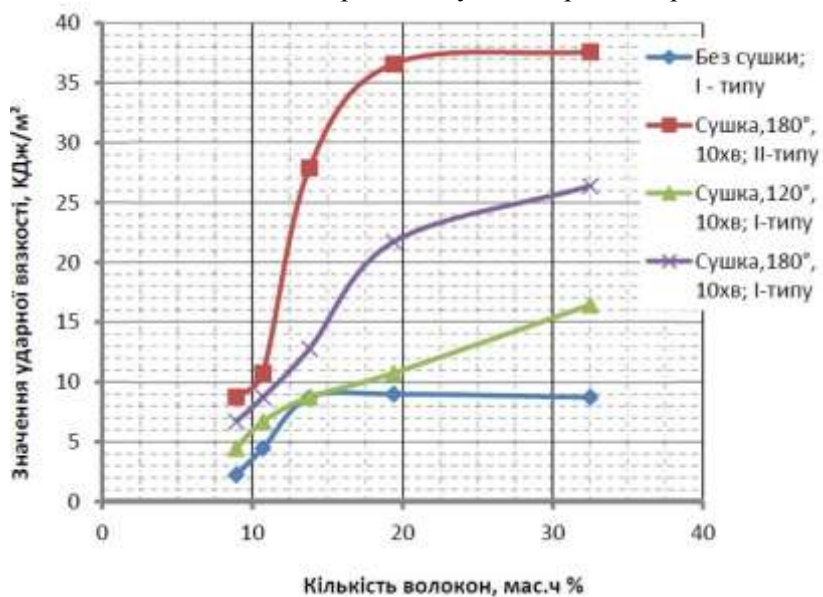


Рис. 2. Залежність ударної в'язкості від розмірів та кількості армуючого волокна

Отриманий результат можна пояснити тим, що при даному вмісті частки наповнювача коноплі максимально рівномірно розташовуються у об'ємі композиту. При цьому навколо часток наповнювача утворюються зовнішні поверхневі шари максимального об'єму. Це зумовлено не лише рівномірним розташуванням наповнювача в об'ємі композиції, але й формуванням кінетичної та термодинамічної рівноваги у системі. У результаті підвищується ступінь гелеутворення у матриці, що приводить, відповідно, до підвищення показників ударної в'язкості композитів армованих коноплею

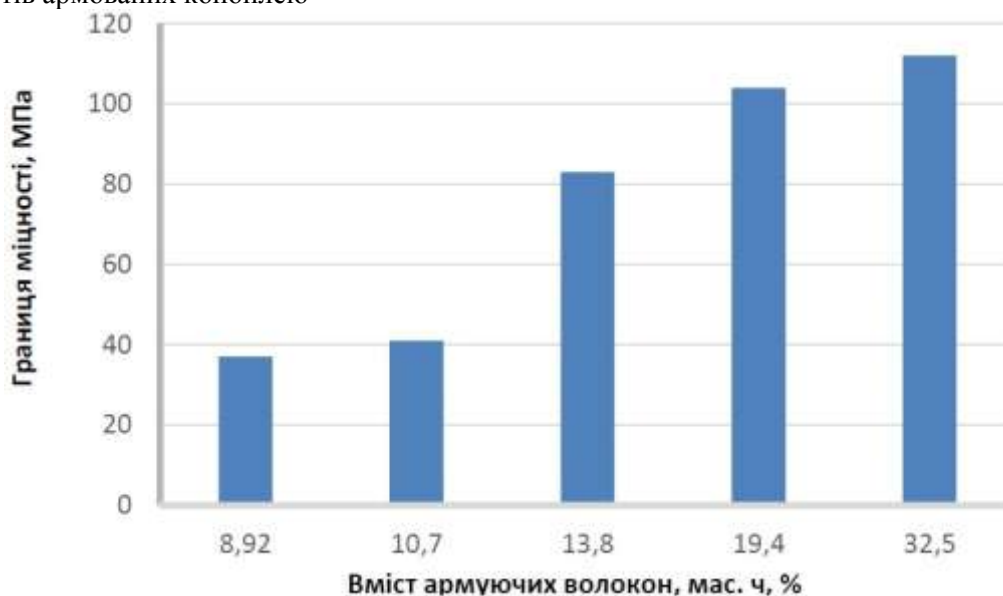


Рис. 3. Залежність зміни границі міцності від кількості армуючого волокна

Дослідження границі міцності на розтяг (за ГОСТ 1497) здійснювали для композиту з хаотичним розподілом волокон II – типу, які піддавали сушінню протягом 10 хв. за температури 180 °С на візцях прямокутної форми.

Зі збільшенням кількості армуючого волокна тимчасовий опір розриву зростає практично лінійно. При візуальному огляді місця зламу рисунок 4 досліджуваних взірців не спостерігалось висмикування волокон, що свідчить про хорошу взаємодію між в'язучим та армуючим.

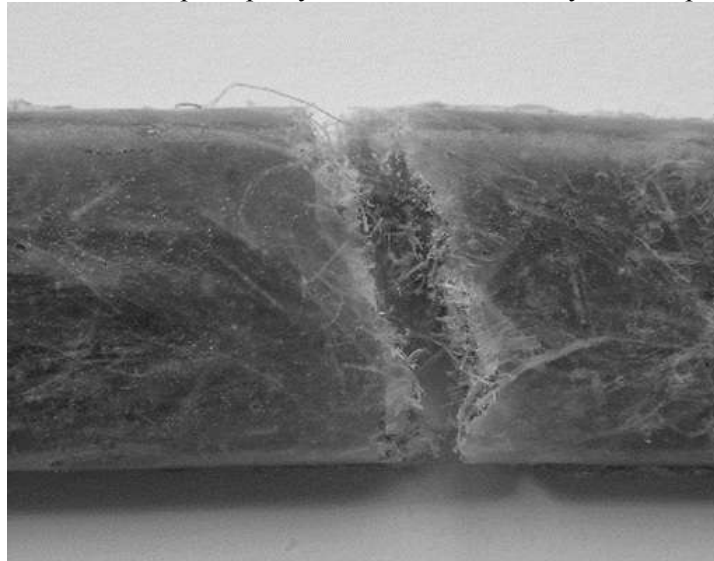


Рис. 4. Загальний вигляд місця руйнування

Також місце та характер руйнування було досліджено зі збільшенням 200 разів за допомогою металографічного мікроскопа МІКРОТЕХ 14Ц. За такого збільшення рисунок 5 видно, що руйнування відбувається в результаті розриву волокон та не спостерігається висмикнутих волокон.

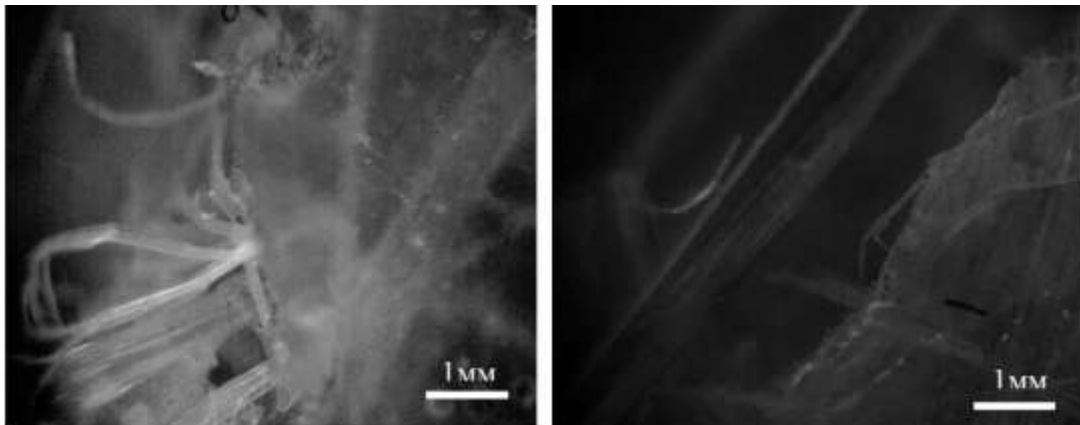


Рис. 5. Місце руйнування композиту, х 200

Напевно, що такий ефект досягається направленим впливом природи і вмісту наповнювача та утворенням щільнішої флуктуаційної сітки, що обумовлено перерозподілом міжмолекулярних взаємодій в системі.

Визначення твердості здійснювали за методом Брінелля (ГОСТ 9012). Результати випробувань представлено у вигляді залежностей на рисунку 6. Експериментально встановлено, що з підвищенням кількості в'язучої речовини в матеріалі – пропорційно збільшується твердість зразків. Очевидно, що твердість композиту забезпечує полімерна матриця, а тому відповідно зі збільшенням кількості волокон твердість знижується. Також з підвищенням температури структурування незначно, але підвищується твердість. Оскільки, згідно залежностей для композитів армованих волокнами І та Птипу практично не відрізняється. Можна констатувати, що довжина, діаметр та характер розміщення у полімерній матриці не суттєво впливають на твердість.

На рисунку 6 можна спостерігати, що максимальну твердість мають зразки, які піддані температурі сушіння 180°C протягом 10 хв.

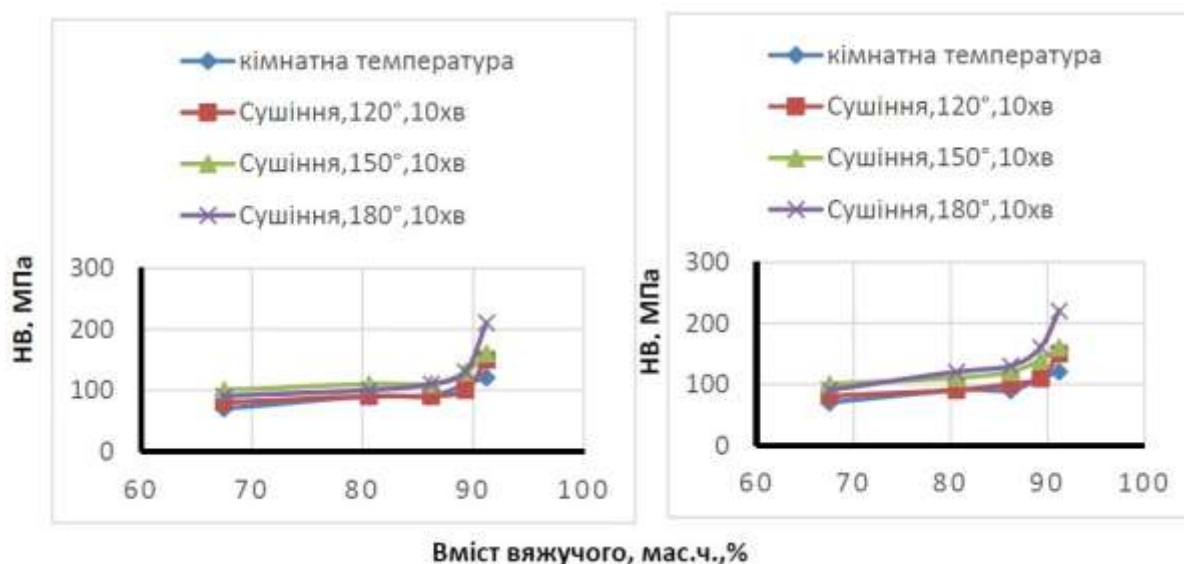


Рис. 6. Залежність твердості композиту від кількості поліефірної смоли CRYSTIC 2-446 PA: а) волокна І-типу; б) волокна ІІ -типу

Можна зробити припущення, що зростання фізико-механічних показників композитів зі збільшенням вмісту наповнювача зумовлено підвищенням технологічної сумісності між компонентами і утворенням міжфазних шарів у зоні безпосередньої взаємодії макромолекул наповнювача та матриці.

Висновки. Як свідчать результати досліджень висвітлені у статті, найкращі механічні властивості має полімеркомпозит з хаотичним розподілом дрібних (І- типу) волокон коноплі. Зокрема композиція з вмістом волокон 32,5 % мас.ч., має ударну в'язкість $a_n=38 \text{ КДж/м}^2$; $\sigma_b=112 \text{ МПа}$; $HV=90 \text{ МПа}$. Для встановлення характеру взаємодії на границі міжфазної взаємодії волокон та матриці необхідно провести дослідження з використанням електронної мікроскопії. Також необхідно провести дослідження впливу травлення волокон для забезпечення кращої адгезії з полімерною матрицею.

На підставі проведених досліджень показано, що введення наповнювачів дозволяє впливати на морфологію матеріалів і, тим самим, досягати необхідного комплексу механічних властивостей композитів для практичного використання.

Список використаних джерел:

1. N.P.G. Suardana, Yingjun Piao, Jae Kyoo Lim. Mechanical properties of hemp fibers and hemp/PP composites effects of chemical surface treatment/ Materials Physics and Mechanics №11, p. 3-9, 2011.
2. A. Etaati, S. Pather, M. Rahman. Ground Hemp Fibers as Filler/Reinforcement for Thermoplastic Biocomposites/ Hindawi Publishing Corporation Advances in Materials Science and Engineering №1. p. 24-35, 2015.
3. Z.-Y. Sun, H.-S. Han, and G.-C. Dai, "Mechanical properties of injection-molded natural fiber-reinforced polypropylene composites: formulation and compounding processes," Journal of Reinforced Plastics and Composites, vol. 29, no. 5, p. 637–650. 2010.
4. J. Holbery, D. Houston. Natural-fiber-reinforced polymer composites in automotive applications. Journal of the Minerals, Metals and Materials Society. Vol. 58, No. 11, pp 80-86, 2006.
5. Z. L. Yan, H. Wang, K. T. Lau et al., "Reinforcement of polypropylene with hemp fibres," Composites Part B: Engineering, vol. 46, pp. 221–226, 2013.

Рецензенти:

Шваб'юк Василь Іванович, доктор технічних наук, професор Луцький НТУ;

Дядюра Константин Олександрович, доктор технічних наук, проф. завідувач кафедри прикладного матеріалознавства ТКМ, СДУ.

Стаття надійшла до редакції 10.05.2017