

УДК 691

DOI: <https://doi.org/10.18664/1994-7852.138.2013.102349>

*Асп. В.В. Юрченко (ДонІЗТ),  
доктори техн. наук  
Л.А. Тимофеева, А.А. Плугін*

*V.V. Yurchenko, L.A. Timofeeva, A.A. Plugin*

## **МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ З РОЗРОБЛЕННЯ СКЛАДУ І ТЕХНОЛОГІЇ КОМПОЗИЦІЙНОГО МАТЕРІАЛУ ІЗ ТЕРМОПЛАСТИЧНИХ ПОЛІМЕРІВ І ВІДХОДІВ ДЕРЕВИНИ**

## **METHODS OF EXPERIMENTAL RESEARCH ON THE DEVELOPMENT OF THE TECHNOLOGY AND COMPOSITE OF A THERMOPLASTIC POLYMER AND WOOD WASTE**

**Постановка проблеми.** Останніми роками натуральна деревина у будівельних виробках і конструкціях все частіше замінюється композиційними матеріалами на її основі – ДСП, ОСП, ДВП, МДФ, в яких як зв'язуючі використовуються екологічно-небезпечні феноло-, мочевино- та меламіноформальдегідні термореактивні полімери.

Підвищити екологічну безпеку композиційних матеріалів на основі деревини дозволить застосування як зв'язуючих термопластичних полімерів, тобто створення термопластичних деревно-полімерних композиційних матеріалів (далі ТДПК). Як компоненти ТДПК обрано: відходи деревини – тирсу, стружку, які утворюються при заготовці і переробці деревини; вторинний термопластичний полімер із відходів побутового господарства та виробництва – поліетилен

високого тиску, низької щільності. Особливо важливим є те, що всі компоненти ТДПК є вторинною сировиною, що відповідає світовим екологічним тенденціям утилізації відходів.

Термопластичні полімери є високоефективними в технологічному, споживчому, економічному плані матеріалами. Для формоутворення виробів із термопластичних полімерів і композиційних матеріалів на їх основі застосовують наведені далі способи [1].

Екструзія обмежується виготовленням погонажних виробів – плит, труб, різних за складністю профілів. Основний недолік екструзії – невелике відхилення від технології порушує складні процеси течії та формування кінцевого продукту, обмеження профільними виробами.

Лиття під тиском дозволяє отримувати об'ємні вироби більшої

кількості найменувань у порівнянні з екструзією. Недоліки цієї технології: нерівномірне заповнення ливарної форми, незастигання суміші у формі, абразивний знос плунжерних та інших вузлів машин, необхідність точного дотримання технології.

При ротаційному формуванні відбувається заповнення нагрітої форми порошком. При охолодженні форми частинки порошку спікаються на її поверхні. Цей спосіб є досить вимогливим

до виготовлення вихідної суміші, а саме до розподілення її складових після приготування.

Пряме пресування у прес-формах з використанням гідравлічного пресу полягає у переведенні твердого у вихідних умовах прес-матеріалу у в'язкотекучий стан і подальшому формуванні з розплаву виробу під дією тиску (рис. 1). При цьому відбувається хімічна реакція, а також утворення форми виробу, яка, як правило, стійка при температурі пресування.

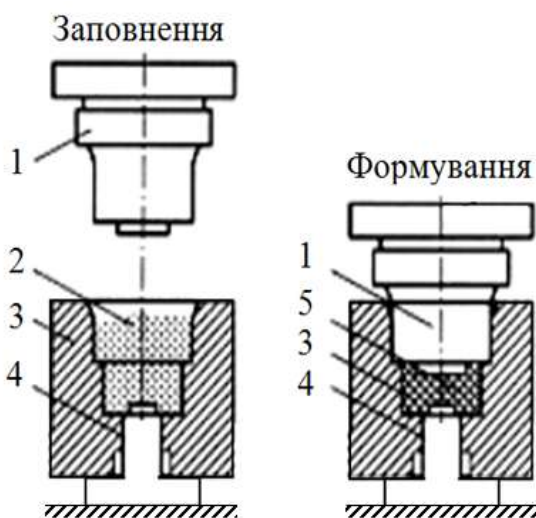


Рис. 1. Схема прямого пресування:

- 1 – пуансон; 2 – прес-матеріал;  
3 – матриця; 4 – нижній пуансон;  
5 – виріб

Порівнюючи наведені способи отримання виробів з термопластичних полімерів і композиційних матеріалів на їх основі, можна зазначити, що екструзія, ротаційне формування та лиття під тиском мають технологічні обмеження, обладнання для них є досить складним та дорогим, і відрізняються складністю налагодження, способи придатні переважно для масового виробництва [2]. На відміну від цього, пресове обладнання для прямого пресування достатньо просте, дешеве, доступне та нескладне в обслуговуванні. Виходячи з цього для виготовлення виробів із ТДПК і експериментальних досліджень з розробки їх складу і технології обрано спосіб прямого пресування.

**Мета роботи** – розроблення методики експериментальних досліджень з розробки складу і технології композиційного матеріалу на основі термопластичних полімерів і відходів деревини.

**Матеріали і основне обладнання.** Для експериментальних досліджень обрано матеріали:

1) вторинний поліетилен високого тиску низької щільності у вигляді порошку (рис. 2);

2) відходи деревини фракції 0,1 – 8 мм, які були розсіяні на фракції: 0,1–1; 1–2; 0,1–2 мм; понад 2,0 мм та не розсіяні. Фракціонування виконували для експериментального визначення фракції, найбільш придатної для складу прес-матеріалу.

Для зважування компонентів застосовували електронні ваги з точністю вимірювань 0,01 г. Зразки ТДПК виготовляли у прес-формі, що має розміри, які дозволяють завантажувати прес-матеріал в один прийом [3]. Для



Рис. 2. Порошковий поліетилен

попереднього підігріву прес-матеріалу використовували муфельну піч. Пресування нагрітого прес-матеріалу здійснювали за допомогою ручного гідравлічного преса, який створює зусилля до 12 т (рис. 3).



Рис. 3. Загальний вигляд гідравлічного преса

**Технологічний процес пресування** складається з основних операцій: підготовки, дозування й завантаження в прес-форму; попереднього підігріву; пресування; витримки й охолодження під тиском; видалення готового виробу.

Підготовка прес-матеріалу до експериментального дослідження полягає у визначенні його технологічних характеристик і їх доведення при необхідності до потрібних величин, дозування вихідних компонентів та їх змішування.

Дозування змішаного матеріалу в прес-форму може здійснюватися декількома способами: об'ємним, масовим і штучним. У першому випадку необхідна для запресовування кількість матеріалу відбирається за допомогою посудини або бункера відомого об'єму, у другому випадку матеріал зважується, у третьому

береться певне число таблеток відомої маси [1]. Для експериментальних досліджень обрано ваговий спосіб, який є точним, простим і зручним. Дозований прес-матеріал завантажують у форму, яку поміщують у муфельну піч для попереднього нагріву.

Попередній нагрів у виробничих умовах дозволяє скоротити тривалість перебування матеріалу в прес-формі й відповідно скорочує тривалість всього циклу пресування. При експериментальних дослідженнях попередній нагрів виконується у прес-формі. Матеріал у прес-формі необхідно прогріти в повному об'ємі й, по можливості, рівномірно, не перегріваючи його поверхневих шарів. Температура попереднього підігріву має бути такою, щоб не відбулись процеси термічної деструкції поліетилену (340°C),

його піролізу з утворенням воскоподібної речовини (475°C) [4], горіння тирси, яке полягає у розпаді геміцелюлози (200–260°C), целюлози (240–350°C), лігніну (280–500°C) [5]. Після визначеного часу температурного прогрівання прес-форму видаляють із муфельної печі та виконують пресування.

З моменту контакту плунжера, що опускається, з поверхнею перс-матеріалу у формі виникає тиск, який змушує в'язко-пластичний матеріал розтікатися, заповнюючи порожнину форми, і досягає найбільшого значення в момент остаточної зупинки пуансона після змикання форми.

Зусилля, що розвивається пресом, витрачається на тертя з деревинним наповнювачем і полімером при течії у формі, на подолання внутрішнього тиску газоподібних продуктів відкидання. Для характеристики режиму процесу використовують питомий тиск пресування, тобто зусилля, що припадає на одиницю

площі пресування. Під площею пресування розуміють площу проекції виробу на площину рознімання прес-форми [1].

Питомий тиск на матеріал  $P$  розраховується за формулою:

$$P = \frac{1000 \cdot N}{F \cdot n}, \text{ кгс/см}^2, \quad (1)$$

де  $N$  – ефективне зусилля преса, т;  $F$  – площа пресування, см<sup>2</sup>;  $n$  – число гнізд (у даному випадку  $n=1$ ).

Після повного стискання здійснюють витримку, яка починається з моменту створення тиску пресування в зімкнутій формі та закінчується в момент підйому пуансона і розмикання форми для видалення отриманого виробу. Одночасно з витримкою здійснюють охолодження прес-форми під тиском. Після повного охолодження прес-форми готовий зразок (рис. 4) видаляють із неї.



Рис. 4. Зразок ТДПК та його поперечний розріз

**Склади ТДПК** призначають з метою експериментального визначення оптимального з них, варіюючи фракційний

склад деревного наповнювача  $D$  і його співвідношення з полімером  $P$  (див. таблицю).

Таблиця

Характеристики складів суміші для експериментальних досліджень

Склад суміші Д/П	Номер складу з відходами деревини фракції, мм				
	0,1 – 1,0	1,0 – 2,0	0,1 – 2,0	понад 2,0	не розсіяні
80/20	1	4	7	10	13
70/30	2	5	8	11	14
60/40	3	6	9	12	15

**Досліджувані показники властивостей.** На етапі попередніх досліджень якість одержуваних ТДПК контролюють за зовнішнім виглядом поверхні зразка та його розрізу (рис. 4) і показниками фізичних властивостей [6]:

- густиною ТДПК:

$$\gamma_d = \frac{m}{V}, \text{ г/см}^3, \quad (2)$$

де  $m$  – маса зразка ТДПК, г;  $V$  – об'єм зразка ТДПК, см<sup>3</sup>;

- пористістю насипної прес-маси:

$$n_{\text{нас}} = \frac{\gamma_s - \gamma_d}{\gamma_s}, \%, \quad (3)$$

де  $\gamma_s$  – насипна густина вологої тирси;

- пористість ТДПК:

$$n = n_{\text{нас}} - n_{\text{вт.вол}}, \%, \quad (4)$$

де  $n_{\text{вт.вол}}$  – визначена втрата вологості готового виробу відносно насипної маси, в цьому дослідженні склала 1 % від насипної маси зразка, отже,  $n_{\text{вт.вол}} = 0,01n_{\text{нас}}$ ;

- коефіцієнт пористості ТДПК:

$$e = \frac{\gamma_s' - n}{\gamma_s'}, \quad (5)$$

де  $\gamma_s'$  – насипна густина сухої тирси.

**Висновки та рекомендації.** Таким чином, розроблено методику експериментальних досліджень з розробки складу і технології композиційного матеріалу на основі термопластичних полімерів і відходів деревини, зокрема:

- обрано компоненти ТДПК – відходи деревини у вигляді тирси, стружки і вторинний термопластичний полімер із відходів побутового господарства та виробництва – поліетилен високого тиску низької щільності;

- обрано обладнання і технологію виготовлення зразків ТДПК – прясне пресування у прес-формі з попереднім підігрівом;

- обрано фактори, які передбачене варіювати в експериментальних дослідженнях: крупність фракції відходів деревини, співвідношення кількості відходів деревини і полімеру;

- обрано показники властивостей на виході експерименту – зовнішній вигляд, показники фізичних властивостей – густина ТДПК, пористість насипної прес-маси, пористість і коефіцієнт пористості ТДПК.

Експериментальні дослідження тривають.

### *Список літератури*

1. Производство изделий из полимерных материалов [Текст] / В.В. Крыжановский, М.Л. Кербер, В.В. Бурлов, А.Д. Паниматченко. – С.Пб.: Профессия, 2008. – 460 с.
2. Іскович-Лотоцький, Р.Д. Сучасні технології та обладнання формоутворення деталей з деревинно-полімерних композитних матеріалів [Текст] / Р.Д. Іскович-Лотоцький, М.О. Мовчанок // Вібрації в техніці та технологіях. – 2008. – № 1 (50). – С. 37-40.
3. ГОСТ 12019-66 Изготовление образцов для испытания из термопластов. Общие требования [Текст]. – М.: Изд-во стандартов, 1966.
4. Энциклопедия полимеров [Текст] / под ред. В.А. Кабанов [и др.]. – М.: Советская Энциклопедия, 1977. – Т.3. – 1152 с.
5. Изучение закономерности роста температуры горения древесных опилок [Текст] / Л.А. Кудрявцев, П.М. Мазуркин. // Современные проблемы науки и образования ГОУ ВПО

Марийский государственный технический университет, Йошкар-Ола, Россия., 2009. – № 6. – С. 75-79.

6. Основания и фундаменты транспортных сооружений [Текст] / под ред. Г.П. Соловьева. – М.: Транспорт, 1995. – 336 с.

**Ключові слова:** відхід деревини, вторинний полімер, експериментальні дослідження.

#### *Анотації*

Виконана і розроблена методика експериментальних досліджень складу композиційного матеріалу на основі відходів деревини і термопластичних полімерів. Встановлені вимоги до складу деревинно-полімерних композитів на основі відходів деревини і вторинних полімерів.

Выполнена и разработана методика экспериментальных исследований состава композиционного материала на основе отходов древесины и термопластичных полимеров. Установлены требования к составу древесно-полимерных композитов на основе древесных отходов и вторичных полимеров.

Made and the method of experimental studies of the composite material on the basis of waste wood and thermoplastic polymers. The requirements for the composition of wood-plastic composites based on wood waste and secondary polymers.