

с) спостерігається сповільнення процесу даного процесу. Щільність ДПМ відіграє важливу роль у процесі його охолодження, оскільки вона впливає на теплоємність, теплопровідність і ефективність тепловідведення. ДПМ з меншою щільністю охолоджуються швидше, ця різниця починає бути найбільш помітною після 100 с з початку охолодження, оскільки щільніші ДПМ довше зберігають тепло.

Список посилань

1. Klyosov A.A. Wood Plastic Composites / A.A. Klyosov. // New Jersey: John Wiley & Sons, Hoboken, 2007. – 726 pp.
2. Lyutyu P. Properties of Flat-Pressed Wood-Polymer Composites Made Using Secondary Polyethylene / P. Lyutyu, P. Bekhta, J. Sedliacik, G. Ortynska – Acta Fac. Xylologiae Zvolen 2014, 56(1) – P. 39–50.
3. Lyutyu, P. Hot-Pressing Process of Flat-Pressed Wood-Polymer Composites: Theory and Experiment. Polymers / P. Lyutyu, P. Bekhta, Y. Protsyk, V. Gryc - Polymers 2024, 16(20), 2931; <https://doi.org/10.3390/polym16202931>.
4. Benthien, J.T. Effects of agglomeration and pressing process on the properties of flat pressed WPC panels / J.T. Benthien, H. Thoemen – Journal of Applied Polymer Science 2013, 129(6), 3710-3717. <https://doi.org/10.1002/app.39155>.
5. Benthien, J.T.; Effects of raw materials and process parameters on the physical and mechanical properties of flat pressed WPC panels / J.T. Benthien, H. Thoemen – Compos. Part A-Appl. S. 2012, 43(3), 570–576. <http://doi.org/10.1016/j.compositesa.2011.12.028>.

УДК 674.093.26

Ортинська Г.Є., канд. техн. наук, доцент
Копанський М.М., канд. техн. наук, доцент
m_kopansky@nltu.edu.ua

Лютий П.В., канд. техн. наук
lyutyyp@nltu.edu.ua

Національний лісотехнічний університет України, м. Львів ortynska_g@nltu.edu.ua

СОЄВО-ПРОТЕЇНОВІ КЛЕЇ ТА ЇХ ВЛАСТИВОСТІ

У виробництві фанери традиційно використовують синтетичні клеї на основі формальдегіду, які забезпечують високу міцність і водостійкість. Проте через токсичність та канцерогенність формальдегіду зростає потреба в екологічно безпечних альтернативах. Одним із перспективних рішень є використання клеїв на основі соєвого протеїну — біополімеру рослинного походження, який має добрі адгезійні властивості, є біорозкладним, нетоксичним і доступним. Такі клеї можуть бути повністю безпечними для здоров'я людини та навколишнього середовища. Водночас їх широке застосування обмежується недостатньою вологостійкістю, низькою міцністю клейового шва та схильністю до біологічного руйнування, що зумовлює необхідність пошуку речовин, які б могли покращити їх властивості.

Значна кількість наукових публікацій присвячена пошуку оптимальних методів модифікування ізоляту соєвого протеїну з метою підвищення його водостійкості. У дослідженнях рекомендовано використовувати різні типи денатуруючих агентів, зокрема поверхнево-активні речовини, сполуки з аміногрупами, лужні реагенти та ферменти, що сприяють покращенню адгезійних характеристик білка. Такий підхід обґрунтований тим, що введення зазначених речовин, зокрема гідроксиду натрію, сприяє розгортанню білкових макромолекул, що, у свою чергу, підвищує площу їх взаємодії з поверхнею лущеного шпону [1–5].

Для покращення властивостей соєвих клеїв асосовували хімічний метод модифікування із використанням таких речовин: алюмінієвий галун, натрієвий галун, карбамід. Усі модифікатори додавали до водної суспензії соєвого протеїнового ізоляту (92%) у співвідношенні 1:10. Кількість модифікатора становила 1, 3 та 5 мас.ч. на 100 мас.ч. суспензії.

Виготовляли тришарову фанеру з лущеного березового шпону (300×300×1,5 мм, вологістю 8±2%). Склеювання здійснювали за умов: тиск – 1,8 МПа, температура – 150 °С, тривалість – 6 хв, витрата клею – 150 г/м². Міцність фанери на зріз визначалася згідно з ДСТУ EN 314-2, а водостійкість — відповідно до ДСТУ EN 314-1:2003 після 24-годинного вимочування у воді.

Усі зразки фанери, виготовлені з використанням модифікованих клеїв, виявилися водостійкими. Додавання модифікаторів призвело до зростання міцності на зріз: значення варіювалися від 2,71 до 2,91 МПа, що значно перевищує мінімально допустиму межу (1,0 МПа). Найкращі результати досягнуто при використанні 1 і 3 мас.ч. карбаміду, 1 і 5 мас.ч. натрієвого галуна.

Густина соєво-протеїнової суспензії становила 1,1 г/см³. Додавання модифікаторів призводило до її зменшення, що позитивно впливало на нанесення клею. Сухий залишок коливався в межах 8,0–16,5%, залишаючись стабільним при зміні концентрації модифікаторів.

Із збільшенням вмісту модифікаторів від 1 до 5 мас.ч. сухий залишок клею практично залишається без змін та коливається в межах від 8,0 до 16,5%. порівняно із суспензією, сухий залишок якої становить 10,2%.

Модифікування соєво-протеїнової суспензії із використанням натрієвого та алюмінієвого галунів, карбаміду позитивно впливає на водостійкість і міцність клейового з'єднання. Найефективнішим модифікатором виявився натрієвий галун, що забезпечив найвищі показники міцності при збереженні екологічної безпеки клею. Застосування таких композицій дозволяє створювати фанеру з високими експлуатаційними властивостями без використання формальдегіду.

Список посилань

1. Kumar R. Adhesives and plastics based on soy protein products [Текст] / R. Kumar, V. Choudhary, S. Mishra, I. Varma, B. Mattiason // *Industrial Crops and Products*, 2002. – №16. – P. 155-172.
2. Wang, H., Gong, X., Gong, J. (2021). Current and Future Challenges of Bio-Based Adhesives for Wood Composite Industries. In: Jawaid, M., Khan, T.A., Nasir, M., Asim, M. (eds) *Eco-Friendly Adhesives for Wood and Natural Fiber Composites*. Composites Science and Technology . Springer, Singapore.
3. Chen, M.; Chen, Y.; Zhou, X.; Lu, B.; Yin, M.; Sun, S. Improving the Water Resistance of Soybean Protein Wood Adhesive with Hydrophilic Additives. *Bioresources*, 2015, 10, 41-54. [Google Scholar] [CrossRef]
4. Gennadios A., Rhim J.-W., Handa A., Weller CL, Hanna MA. Ultraviolet Radiation Effects on the Physical and Molecular Properties of Soybean Protein Films. *J. Food Chem.* 1998;63:225-228. doi: 10.1111/j.1365-2621.1998.tb15714.x.
5. Sun X. Shear strength and water resistance of modified soy protein adhesives [Текст] / X. Sun, K. Bian // *JAOCs*, 1999. – vol.76, №8 – P. 977-980.
6. ДСТУ EN 314-1:2022 фанера. Якість склеювання. Частина 1.Методи випробувань (EN 314-1:2004, IDT)
7. ДСТУ EN 314-2:2006 Фанера. Якість з'єднання. Частина 2. Технічні вимоги (EN 314-2:1993, IDT).