

ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ГАРЯЧОГО ПРЕСУВАННЯ ДЕРЕВНОСТРУЖКОВОГО ПАКЕТА

© Петрів О.М., 2007

Запропоновано методику оптимізації режимів гарячого пресування, що дає змогу визначити момент часу, в який послаблюється тиск преса без підняття плит, та визначення коефіцієнтів, що задають цю діаграму пресування. Проаналізовано вплив таких режимів пресування на тиск парогазової суміші в плиті.

Method of optimisation of hot-pressing conditions is proposed, which is able to determine the time of pressure decreasing without lifting of press plates and also to calculate the coefficients that define the given diagram of pressing. An influence of pressing conditions on pressure of gas-vapour mixture in plate has been analysed.

Актуальність досліджень та аналіз відомих результатів. У виготовленні деревно-стружкових плит (ДСП) визначальною є операція пресування, яка істотно впливає на якість плити та найбільш енергомістка. Істотний вплив на перебіг прогрівання та випаровування в плиті має характер діаграми пресування. Вдосконалення та оптимізацію режиму пресування розглядали в низці робіт, в яких пропонується підбирати відповідні значення початкових технологічних параметрів, таких як початкова вологість плити, її густина, фракційність, а також використовувати таку діаграму пресування [6,7]: швидке збільшення тиску в початковий період пресування та проміжне зниження тиску в середині циклу пресування. Проте залишається нерозв'язаною задача знаходження моменту часу інтенсивного випаровування, тобто початку зниження тиску преса та його мінімальне значення, а також часова зміна тиску парогазової суміші в різних ділянках плити при такій діаграмі пресування. Запропонована методика розв'язання цієї задачі, що ґрунтується на розробленій за участю автора фізико-математичній моделі тепломасоперенесення та залежностях для розрахунку напруження та деформації плити під час пресування.

Об'єкт досліджень та постановка задачі. Деревностружкова плита [3,4] складається із деревних частинок заданого розміру та вологи, які змішані з клеєм. Цю стружково-клеєву масу поміщають між плити преса, які мають сталу температуру і діють із змінним тиском. Внаслідок швидкого прогрівання приповерхневих шарів вологість випаровується і проникає разом з продуктами розпаду, що утворюються під час тверднення клею, у внутрішні шари пакета, породжуючи значні фільтраційні потоки. Зростання тиску парогазової суміші може порушити контактні зв'язки між склеєними стружками та змінити форму плити (зсувові деформації) і розшарувати її (розтягальні деформації). Це своєю чергою погіршує її основні механічні властивості. Метою статті є, враховуючи часову зміну тиску парогазової суміші P , подати методику побудови діаграми пресування із зменшенням тиску преса (без підняття його плит) в середині циклу пресування.

Методика оптимізації режимів гарячого пресування деревностружкового пакета. Найживаніша (базова) діаграма пресування [3,6] складається з таких ділянок: 1 – наростання дії преса в проміжку часу $[\tau_0, \tau_1]$, 2 – зімкнення плит преса та його постійна дія $[\tau_1, \tau_2]$, 3 – розімкнення плит преса та послаблення його дії $[\tau_2, \tau_3]$. Якщо проаналізувати на ділянці 2 часову зміну тиску парогазової суміші в плиті, то в деякий момент часу τ_k значення цієї величини є максимальним і процес тверднення клею завершився ($\theta = \theta_{kn}$), а це значить, що плита прогріта і втрата частини пари

не має істотного значення. Власне в цей момент часу доцільне поступове послаблення тиску преса для інтенсивнішого проникнення пари в зовнішнє середовище, бо, як показали дослідження [8], навіть при зімкнених плитах преса значна її частина покидає плиту. Проте тиск преса зменшується не довільно, а враховуються такі фактори: тиск преса в момент часу τ_k має бути більшим від міцності клейових з'єднань парогазової суміші і зменшуватись так, що при розкритті плит преса його величина була більша від тиску парогазової суміші на поверхні. Це обмеження вводиться для того, щоб не допустити стрибкоподібного збільшення тиску пари на поверхні плити, яке може спричинити її розшарування. Отже покращена діаграма пресування буде складатись із ділянок: 1 – наростання дії преса, 2 – зімкнення плит преса та його постійна дія, послаблення дії преса із збереженням плит на дистанційних планках, 3 – розімкнення плит преса та подальше послаблення його дії і може мати такий вигляд:

$$P_{pr} = \begin{cases} \alpha e^{\alpha_1} & 0 \leq \tau \leq \tau_1 \\ P_{const} & \tau_1 \leq \tau \leq \tau_k \\ \gamma_1 e^{-\beta\tau} + \gamma_2 & \tau_k \leq \tau \leq \tau_2 \\ \gamma_1 e^{-\beta\tau} + \gamma_2 & \tau_2 \leq \tau \leq \tau_3 \end{cases}; \quad (1)$$

де α, α_1 – константи, які задаються базовою діаграмою пресування, P_{const} – тиск преса при зімкнених плитах; $\beta, \gamma_1, \gamma_2$ – коефіцієнти, які визначають характер кривої, що задає величину тиску преса при досягненні часу τ_k . Власне завдання полягає у визначенні таких $\beta, \gamma_1, \gamma_2$, які задають покращену діаграму пресування (1). Грунтуючись на викладених міркуваннях, розглянемо методику розв'язання цієї задачі.

1. На основі чисельної реалізації фізико-математичної моделі [1–4] визначити момент часу $\tau_k \in [\tau_1, \tau_2]$, для якого тиск парогазової суміші P на поверхні плити є максимальним.

2. Для знаходження $\beta, \gamma_1, \gamma_2$ розв'язати таку оптимізаційну задачу. Побудувати функцію мети, враховуючи умову, що тиск преса повинен бути не менший від сумарних сил, які діють з боку плити.

Якщо позначити тиск преса через P_{pr} , напруження деревної частки плити в напрямку, перпендикулярному до плит преса – через σ , пористість плити – P_{or} , межу міцності клейових зв'язок – σ_{kl} , ступінь покриття клеєм – F_{kb} , а початкові густини плити та деревини – ρ_0 і ρ_d , розтягову деформацію – ε , то функцію мети запишемо

$$P_{pr} - P \cdot P_{or} - \sigma(1 - P_{or}) - \sigma_{kl} F_{kl} = 0. \quad (2)$$

Оскільки тиск преса зменшується, то зміну його величини доцільно описати спадною функцією

$$P_{pr} = \gamma_1 e^{-\beta\tau} + \gamma_2 \quad (3)$$

Використовуючи емпіричні формули [5], дві інші величини визначимо

$$P_{or} = 1 - \frac{\rho_0(1 + \varepsilon)}{\rho_d}; \quad \sigma_{kl} = 5,611(\theta - 0,6) \cdot F_{kl}. \quad (4)$$

3. Задати обмеження. Тиск преса перед послабленням є більшим від границі міцності клейових зв'язок і більший від максимального тиску парогазової суміші

$$\gamma_1 e^{-\beta\tau} + \gamma_2 > \sigma_{kl} \cdot F_{kl}; \quad \gamma_1 e^{-\beta\tau} + \gamma_2 > P \quad \text{для } \tau = \tau_k \quad (5)$$

У момент відкриття преса його тиск є більший від тиску парогазової суміші на поверхні плити

$$\gamma_1 e^{-\beta\tau} + \gamma_2 > P \quad \text{для } \tau = \tau_2 \quad (6)$$

Задача розв'язується для проміжку часу від моменту тверднення клею і досягнення максимального значення тиску пари на поверхні плити до розкриття плит преса

$$\tau_k \leq \tau \leq \tau_2. \quad (7)$$

Розв'язок оптимізаційної задачі та аналіз часової зміни тиску під час застосування різних діаграм пресування. На першому етапі, для числового визначення величин P , Θ , ε , σ , використано комп'ютерну реалізацію фізико-математичної моделі тепломасоперенесення для визначення напруження та деформації з такими початковими параметрами пресування – температурою преса $T_{pr}=190\text{ C}^\circ$ та вологістю $U_0=8\%$ та діаграмою пресування (рис. 2)

$$P_{pr} = \begin{cases} 0,021294 e^{0,091698\tau} & 0 \leq \tau \leq 60 \\ 2,5 & 60 \leq \tau \leq 420 \\ 21,28927 e^{-0,00709\tau} & 420 \leq \tau \leq 600 \end{cases} \quad (8)$$

Значення основних технологічних параметрів такі: розміри стружки $0,017 \times 0,035 \times 0,0014$ м; концентрація клею 0,65; концентрація закріпника 0,01; густина плити 800 кг/м^3 . Використовуючи отримані результати, визначено, що момент часу τ_k , в який найінтенсивніше випаровується волога з плити, настає приблизно на 240 – 250 с від початку пресування. В цей час досягається найвищий тиск парогазової суміші на поверхні плити (близько 2,093 МПа) і ступінь тверднення клею приблизно дорівнює 0,8. Отже, ця оптимізаційна задача розглядається для проміжку часу від 240 до 420 с. Визначено напруження плити $\sigma=0,002917$ МПа в момент часу τ_k та тиск парогазової суміші $P=0,17$ МПа в момент часу $\tau=420$ с. Крім того, на основі (4) обчислено пористість $P_{og}=0,73$ та міцність клейових швів $\sigma_{kl}=1,42$ МПа. Для цього випадку розглядається оптимізаційна задача з такою функцією мети

$$\gamma_1 e^{-\beta\tau} + \gamma_2 - (1 - 0,73) \cdot 0,002917 - 1,42 \cdot 0,8 - 0,73 \cdot 2,093 \rightarrow \min \quad (9)$$

та обмеженнями:

$$\gamma_1 e^{-\beta\tau} + \gamma_2 > 1,42 \cdot 0,8; \text{ i } \gamma_1 e^{-\beta\tau} + \gamma_2 > 2,093 \quad \text{для } \tau = 240 \quad (10)$$

$$\gamma_1 e^{-\beta\tau} + \gamma_2 > 0,17 \quad \text{для } \tau = 420 \quad (11)$$

$$240 \leq \tau \leq 420. \quad (12)$$

Розв'язком цієї оптимізаційної задачі (9)–(12) є такі значення коефіцієнтів σ_1, σ_2 та β функції (3), при яких різниця між тиском преса та зусиллями з боку плити та тиском парогазової суміші була б мінімальною (мінімум функції мети (9)) та виконувались умови (10) – (12). Використавши електронні таблиці Excel та його інструмент для оптимізації “Пошук розв'язку”, отримуємо значення $\gamma_1=39,71221$, $\gamma_2 = -33,372$ та $\beta=0,000402046$.

Використовуючи фізико-математичну модель тепломасоперенесення [2] визначено часову зміну тиску парогазової суміші для оптимізованої діаграми пресування (рис.2)

$$P_{pr} = \begin{cases} 0,02129 e^{0,091698\tau} & 0 \leq \tau \leq 60 \\ 2,5 & 60 \leq \tau \leq 240 \\ 39,71221 e^{-0,000402046\tau} - 33,372 & 240 \leq \tau \leq 600 \end{cases} \quad (13)$$

Часову зміну тиску парогазової суміші в різних точках плити для базової та покращеної діаграм пресування показано на рис. 1. Як було зазначено вище, в момент часу $\tau_k=240$ с починається інтенсивне випаровування парогазової суміші, яка через недостатні фільтраційні властивості пакета та тиск плит преса не може вільно проникати в зовнішнє середовище через торці та поверхню плити, що спричиняє стрибкоподібне збільшення тиску на її поверхні (рис. 1, а), суцільна лінія). Використавши покращену діаграму пресування, можна зменшити приповерхневий тиск пари, при цьому немає загрози руйнування клейових зв'язок як на поверхні пакета, так і у внутрішньому шарі, бо тиск пари в цих ділянках значно нижчий від межі міцності клейових швів (рис.1, а), с), крапкова лінія). Деяке зростання тиску пари на торцях плити не становить загрози, бо його величина нижча від міцності клейових швів.

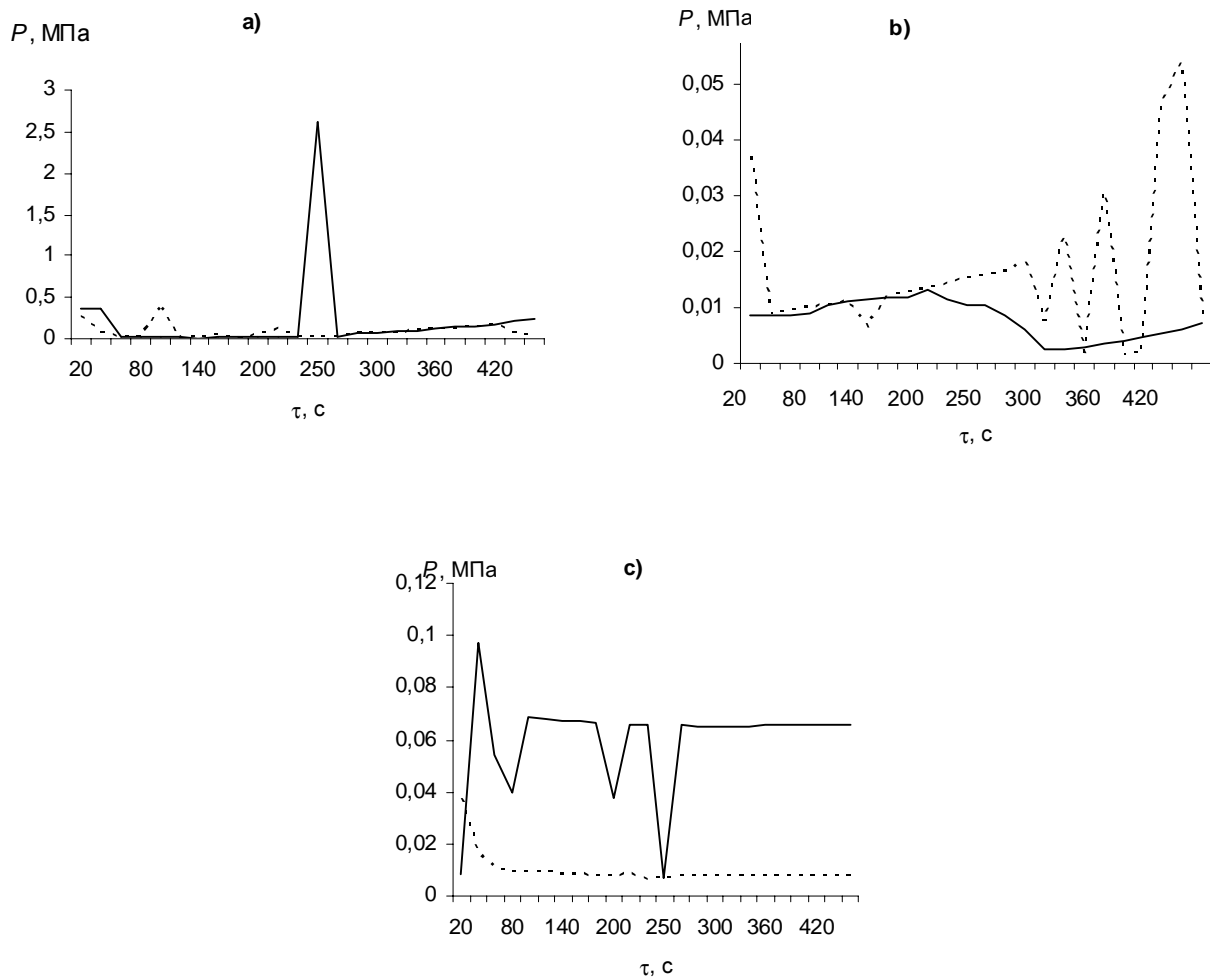


Рис. 1. Часова зміна тиску парогазової суміші на *a* – поверхня; *b* – торець; *c* – центр ДСП

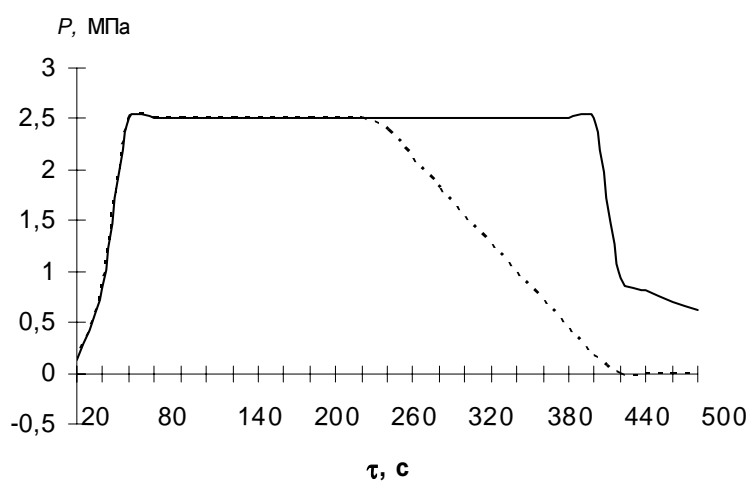


Рис. 2. Діаграма пресування.
Задання діаграм пресування: суцільна лінія – базова,
крпкова – покращена діаграма пресування

Висновки. Використання запропонованого способу оптимізації режиму пресування ДСП дає змогу розробляти такі діаграми пресування, які зменшать ймовірність появи розриву клейових швів внаслідок плавного, поступового зменшення тиску пресу, що усуне стрибкоподібне зростання тиску пари в приповерхневих шарах, а це своєю чергою призведе до покращання якості продукції.

1. Соколовський Я.І., Петрів О.М. Чисельне моделювання нестационарних полів тепло-масоперенесення в процесі пресування деревностружкових плит // *Наук. вісник УкрДЛТУ: Зб. наук.-техн. праць.* – Львів: УкрДЛТУ. – 2004. – Вип. 14.4. – С. 57–59. 2. Соколовський Я.І., Петрів О.М. Визначення впливу технологічних факторів на тепломасоперенесення в процесі пресування деревностружкових плит // *Наук. вісник УкрДЛТУ: Зб. наук.-техн. праць.* – Львів: УкрДЛТУ. – 2004. – Вип.14.7. – С. 76–83. 3. Соколовський Я.І., Петрів О.М. Дослідження напружено-деформованого стану деревностружкової плити під час гарячого пресування // *Фіз.-хім. механіка матеріалів.* – 2007. – № 1. – С. 43–49. 4. М.И. Соснин, М.И. Климова *Физические основы прессования древесностружечных плит.* – Новосибирск: Наука, 1981. – 190 с. 5. Обливин А.Н., Пожиток А.И., Терпугов М.А. Расчет степени отвержения карбидоформальдегидной смолы КФ-МТ при прессовании древесностружечных плит // *В сб. научн. тр. МЛТИ.* – М.: МЛТИ. – 1984. – Вып. 159. – С. 47-50. 6. Отлев И.А. Интенсификация производства древесностружечных плит. – М.: Лесн. пром-сть, 1989. – 192 с. 7. Тулейко В.В. Оптимизация режима горячего прессования древесностружечных плит увеличенной толщины // *Деревообрабатывающая пром-сть.* – 2000, № 6. – С. 15–17. 9. Сагаль С.З. Исследование гидродинамических характеристик древесно-стружечного пакета/ Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – М.: МЛТИ. – 1981. – С. 4–21.

УДК 541.398.1:66.061.5

Н.Ю. Хомко, О.Г. Чайка

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра екології та охорони навколишнього середовища

ВПЛИВ ВОДНЕВОГО ПОКАЗНИКА ТА ДОБАВОК КИСЛОТ НА ГЕТЕРОГЕННО-КАТАЛІТИЧНУ ГІДРАТАЦІЮ НІТРИЛІВ

© Хомко Н.Ю., Чайка О.Г., 2007

Вивчений вплив невеликих добавок кислот та рН середовища на активність мідного каталізатора під час гетерогенно-каталітичної гідратації нітрилів.

The investigations of the small additions influence of the acids and the pH effect on the activity of copper catalyst in the process of heterogeneous-catalytic hydration of nitriles are studied.

Постановка проблеми. Синтез амідів аліфатичних карбонових кислот методом гідратації щораз більше поширений у промисловості. Гідратацією відповідних нітрилів одержують акриламід та метакриламід – важливі продукти для одержання поліакриламідних полімерів та співполімерів. На черзі промислове виробництво ацетаміду за допомогою того ж методу. Відомі два промислові методи гідратації нітрилів. Перший – сірчано-кислотний вимагає для проведення реакції на 1 моль нітрилу 1 моль сірчаної кислоти, яка повністю втрачається під час виділення аміду з реакційної маси. У другому – гетерогенно-каталітичному методі – каталізаторами є металічні мідні та мідьвмісні. За гетерогенно-каталітичного методу виникають завдання, пов'язані із підвищенням селективності мідних каталізаторів. З літературних та патентних відомостей не має однозначної відповіді на ці питання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Згідно з патентом [1] у реакційну суміш як активатори мідного каталізатора додають солі міді (I), (II). Зокрема, нітрати, галогеніди, сульфати, ацетати. Автори пропонують застосовувати для гідратації нітрилів каталітичну систему із мідного