

МАРЧЕВСЬКИЙ В. М., к.т.н., проф.; ВОРОНІН Л. Г., к.т.н., доц.; МЕЛЬНИК О. П., ас.;
 МАКАРЕНКО А. А., магістрант; БИКОВЕЦЬ Д. П. магістрант
 Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

КІНЕТИКА НАГРІВАННЯ ВАЛА ДЛЯ ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО ПРЕСУВАННЯ ПАПЕРОВОГО ПОЛОТНА

Розроблено математичну модель гарячого вала для високотемпературного пресування паперового полотна. Проаналізовано процес пресування на звичайних пресах і запропоновано шляхи його інтенсифікації. Отримані попередні дані для розрахунку промислового зразка гарячого вала.

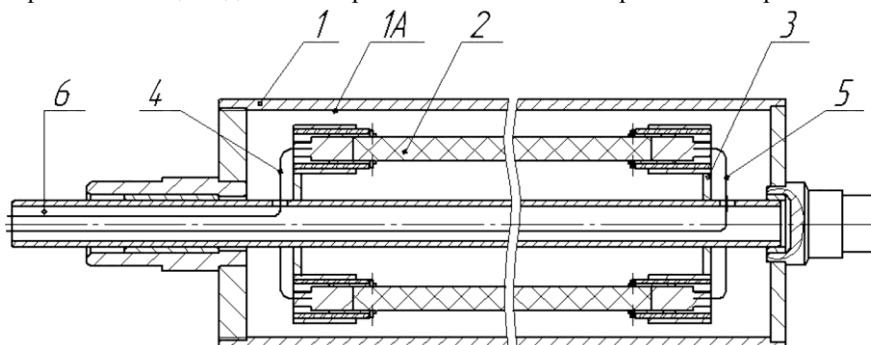
Ключові слова: гарячий вал, високотемпературне пресування, паперове полотно.

© Марчевський В. М., Воронін Л. Г., Мельник О. П., Макаренко А. А., Биковець Д. П., 2013.

Постановка проблеми. Основним елементом пресу для високотемпературного пресування паперового полотна є гарячий вал, використання якого дозволяє значно підвищити сухість паперового полотна, що дає значну економію витрат газу на отримання пари для сушильної частини папероробної машини. Тому дослідження високотемпературного пресування та розроблення ефективних гарячих пресів, що спроможні суттєво збільшити сухість паперового полотна термомеханічним способом є актуальною проблемою.

Метою статті є дослідження кінетики нагрівання вала з отриманням параметрів, необхідних для розрахунку промислового зразка гарячого вала.

Виклад основного матеріалу. Для вирішення поставленої проблеми створено нову конструкцію гарячого вала (рис. 1), що дозволяє зменшити втрати в навколишнє середовище при нагріванні внутрішнім джерелом теплоти. Як внутрішні нагрівники використано карборундові стрижні, закріплені нерухомо всередині вала, корпус якого обертається навколо них. Стрижні, нагріті до певної температури, створюють сталий тепловий потік на внутрішню поверхню вала, який можна регулювати та контролювати. Від внутрішньої поверхні вала теплота передається теплопровідністю до зовнішньої поверхні. Перевагою карборундових стрижнів є вища надійність порівняно з іншими електричними нагрівниками.



1 – вал; 1А – внутрішня поверхня; 2 – нерухомий електричний нагрівник; 3 – статор;
 4, 5 – електричні дроти; 6 – серцевина вала

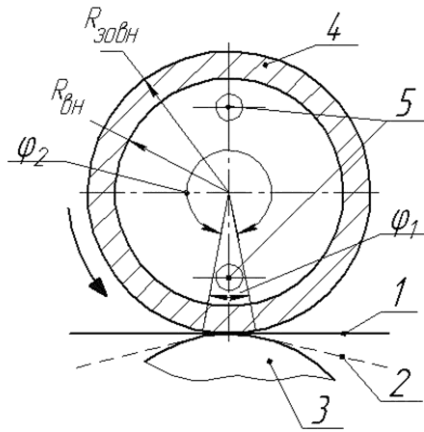
Рис. 1 – Схема гарячого вала

Фізична модель високотемпературного пресування. Аналіз пресування на звичайних пресах свідчить, що гідравлічний тиск в папері є значно меншим, ніж загальний тиск, створюваний силовим механізмом пресу [1]. Отже різниця тисків у папері та сукні, що є рушійною силою фільтрування, є невеликою. Щоб збільшити швидкість фільтрування, слід збільшувати гідравлічний тиск в папері, не збільшуючи при цьому гідравлічний тиск в сукні. Досягти цього механічним шляхом неможливо, зате можна підвищити гідравлічний тиск у папері тиском пари, що утворюється в зоні контакту нагрітого вала з вологою поверхнею паперового полотна. Для цього верхній вал преса слід нагріти до температури, що забезпечить в зоні контакту вала з папером необхідний тиск пари.

Математична модель нагрівання вала для високотемпературного пресування. Шлях, що проходить вал, розбиваємо на дві зони (рис. 2). Розподіл температури в корпусі вала можна описати рівнянням:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = a \left(\frac{\partial^2 t}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial t}{\partial r} \right),$$

де t – температура, °С; τ – час, с; a – коефіцієнт теплопровідності корпусу, м²/с; r – поточний радіус вала, м. Початкові умови: коли $\tau = 0$, $t = t_n$, де t_n – початкова температура вала, °С.



1 – паперове полотно; 2 – сукно пресоє; 3 – нижній приводний вал; 4 – корпус вала; 5 – електричні нагрівники; φ_1 – зона контакту валів; φ_2 – зона контакту гарячого вала з повітрям

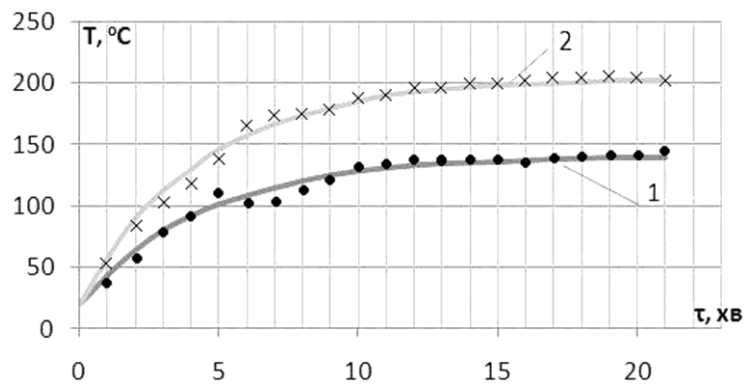
Рис. 2 – Схема нагрівання верхнього вала
Вт/(м² · К).

Змінні φ і τ зв'язані між собою залежністю $\varphi = \omega\tau$, де ω – кутова швидкість вала, с⁻¹.

Підтвердження адекватності математичної моделі. Для підтвердження адекватності математичної моделі здійснювали нагрівання вала в межах 20...315 °С за його робочої швидкості $v = 20$ м/хв. і обмеженого контакту з сукном. Температуру поверхні вимірювали пірометром з точністю $\pm 1,5$ °С.

Перевірку адекватності вели за таких параметрів: початкова температура вала і температура навколишнього середовища $t_f = t_n = 20$ °С; коефіцієнт теплопровідності корпусу вала $a = 1,184 \cdot 10^{-6}$ м/с²; коефіцієнт теплопровідності вала $\lambda = 46,5$ Вт/(м · К); внутрішній радіус вала $R_{вн} = 0,6$ м; довжина робочої частини вала $B = 0,4$ м; коефіцієнт тепловіддачі від поверхні вала до вологої поверхні паперового полотна $\alpha_1 = 2000$ Вт/(м² · К), від поверхні вала до навколишнього середовища $\alpha_2 = 74$ Вт/(м² · К).

Установлено, що математична модель з достатньою точністю описує нагрівання вала (рис. 3).



1 – теоретична крива та експериментальні точки ● ($N = 1,6$ кВт);
2 – теоретична крива та експериментальні точки × ($N = 2,5$ кВт)

Рис. 3 – Залежність температури поверхні вала від тривалості нагрівання

Висновок. Розроблено математичну модель гарячого вала для високотемпературного пресування паперового полотна. Одержано попередні дані для розрахунку промислового зразка гарячого вала. Встановлено, що пресування можна інтенсифікувати, підвищивши гідравлічний тиск у папері тиском пари, що утворюється в зоні контакту нагрітого вала з вологою поверхнею паперового полотна. Для цього верхній вал преса слід нагріти до температури, що забезпечить в зоні контакту вала з папером необхідний тиск пари.

Список використаної літератури

1. Опхерден А. Целлюлоза. Бумага. Картон / А. Опхерден ; пер. с нем. – М. : Лесн. пром-ть, 1980.
2. Марчевський В. М. Кінетика гарячого пресування паперового полотна / В. М. Марчевський, Л. Г. Воронін, А. О. Біловол, О. П. Мельник // Наук. пр. Одеської нац. академії харч. технологій. – 2007. – Вип. 32.

Надійшла до редакції 12.02.2012