

Цікавими є результати досліджень сушіння шару дріжджів при створенні штучної пористості у ньому шляхом утворення вертикальних каналів перпендикулярно до площини шару. Такі канали повинні відігравати роль макрокапілярів, якими пересувається паровий потік вологи з нижніх шарів до відкритої поверхні. Результати таких досліджень показані на рис 3, які свідчать, що навіть при незначному каналотворенні швидкість сушіння перевищує аналогічну величину при звичайному конвективно-кондуктивному методі.

Результати досліджень з утворенням штучного вільного об'єму в шарі матеріалу дають підставу для проведення досліджень з сушіння таких шарів матеріалу фільтраційним методом, що з одного боку зменшить гідравлічний опір шару, а з другого – забезпечить високоінтенсивний масообмін по усій висоті шару.

Для усіх перерахованих випадків – дослідження кінетики сушіння конвективним методом; конвективно-кондуктивним і конвективно-кондуктивним з утворенням штучного вільного об'єму – отримані розрахункові залежності, які дають можливість прогнозувати процес сушіння.

Крім кінетичних залежностей нами проводились аналізи, які фіксували якість продукту. Заводські лабораторні аналізи показують, що активність готового продукту не є гіршою, а у деяких випадках кращою (вищою), ніж після сушіння на заводському пристрої киплячого шару. Отримані результати є основою для створення сушарок, які можуть бути використані у промислових умовах, режим роботи яких і їх конструкція впливають з отриманих кінетичних закономірностей.

УДК 66.047

В.М. Атаманюк

Національний університет «Львівська політехніка»,
кафедра хімічної інженерії та промислової екології

ГІДРОДИНАМІКА БЕЗПЕРЕРВНОГО ФІЛЬТРАЦІЙНОГО СУШІННЯ ХІМІЧНОГО ВОЛОКНА

© Атаманюк В.М., 2000

Проведено комплексне дослідження гідродинаміки безперервного фільтраційного сушіння вологих шарів хімічного волокна. Наведені залежності дають можливість розрахувати оптимальний час сушіння і швидкість фільтрування теплоносія.

The experimental results are presented for predicting hydrodynamics of the wet layers chemical fibres. To achieve the rate of filtration through the humid and dry parts of material constant the method of different perforation was used.

При безперервному фільтраційному сушінні хімічного волокна у зоні сушіння одночасно знаходиться вологий матеріал, який поступає у зону сушіння, та сухий матеріал, який її залишає. Для дослідження безперервного фільтраційного сушіння нами проводився такий експеримент. У зону сушіння поміщали п'ять контейнерів, у які завантажували зразки матеріалу з різною початковою вологістю (18 %, 40 %, 72 %, 124 %, 600 %). Сушіння проводили при 80 °С і $\Delta P = 980$ Па, товщина матеріалу – $H = 11 \cdot 10^{-2}$ м.

Для порівняння отриманих результатів з періодичним процесом сушіння (вологість матеріалу вздовж зони сушіння постійна) нами проводився другий експеримент: у п'ять контейнерів завантажували зразки з однаковою початковою відносною вологістю 600% і проводили сушіння при тих самих умовах. Результати обох експериментів показані на рис. 1.

Як видно з результатів, час сушіння зразка з початковою відносною вологістю 18% (крива 1) до вологості 3–4% становить приблизно 350 с, з вологістю 40% (крива 2) – 650 с, 72% (крива 3) – 1200 с, 124% (крива 4) – 1900 с, а 600% (крива 5) – 2200 с. Час сушіння п'яти контейнерів із однаковою початковою відносною вологістю 600% становить 1600 с (крива 6). Загальний час сушіння при безперервному методі буде визначатися часом сушіння найбільш вологого зразка, тобто 2200 с, а ефективність сушіння буде в 1,4 раза меншою, ніж при періодичному методі.

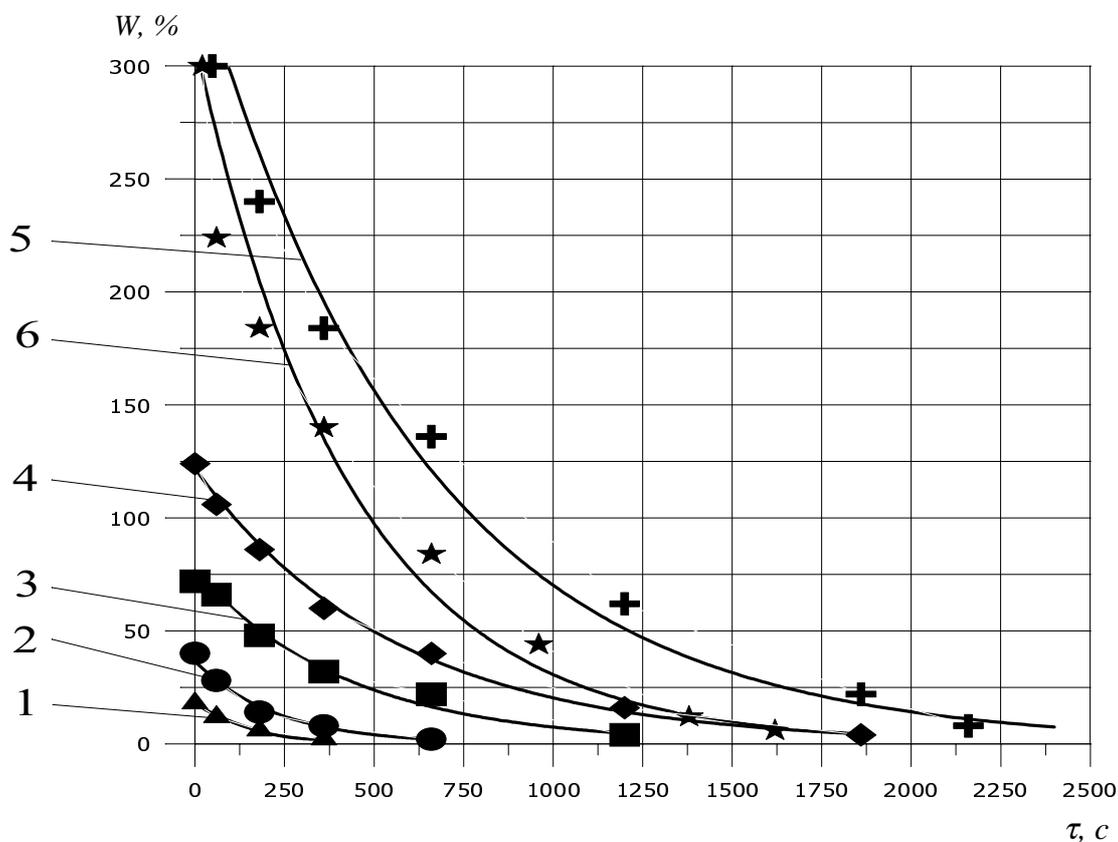


Рис. 1. Кінетика сушіння хімічного волокна

Причиною такого суттєвого зменшення ефективності фільтраційного сушіння є різний гідравлічний опір вологого і сухого матеріалу. Внаслідок того, що волога займає частину вільного об'єму, гідравлічний опір вологого матеріалу є набагато більший ніж сухого. Тому при одному і тому ж перепаді тисків швидкість фільтрації теплоносія через ділянки сухого матеріалу є значно більшою, ніж вологого. Такий розподіл швидкості фільтрування теплоносія негативно впливає на процес сушіння, призводить до зростання часу сушіння, перевитрат теплової енергії, зростання температури сухого матеріалу, що погіршує його якісні характеристики.

Щоб ліквідувати негативний вплив різної вологості матеріалу, який знаходиться у зоні сушіння, необхідно створити такі умови, при яких швидкість фільтрації теплоносія у першому наближенні була б однаковою вздовж зони сушіння. Це можна досягти, штучно

змінюючи гідродинамічний опір перфорованої решітки, на якій розташований матеріал, тобто вздовж зони сушіння повинна виконуватися умова:

$$\Delta P = \Delta P_M + \Delta P_p = \text{const} \quad (1)$$

де ΔP_M , ΔP_p – гідродинамічний опір певної ділянки матеріалу і перфорованої решітки у Па, відповідно.

Як показують багаточисленні дослідження гідродинаміки фільтраційного сушіння, зміна гідродинамічного опору матеріалу у часі залежить від початкової вологості, температури теплоносія, перепаду тисків, зведеної густини матеріалу, швидкості фільтрування теплоносія, товщини шару і його структурної будови, форми зв'язку вологи із матеріалом тощо. Створити такі умови сушіння можна тільки для конкретного матеріалу і для конкретних напередзаданих умов проведення процесу сушіння.

Результати досліджень зміни гідродинамічного опору шару хімічного волокна завтовшки $5 \cdot 10^{-2}$ м, при температурі 80 °С і різних швидкостях фільтрування теплоносія, залежно від зміни його вологості показані на рис. 2. Ці криві описуються такою залежністю:

$$\Delta P_M = A + B \cdot W^{1.73}, \quad (2)$$

де A , B – коефіцієнти, які визначаються експериментально і залежать від швидкості фільтрування теплоносія; W – відносна вологість матеріалу у %.

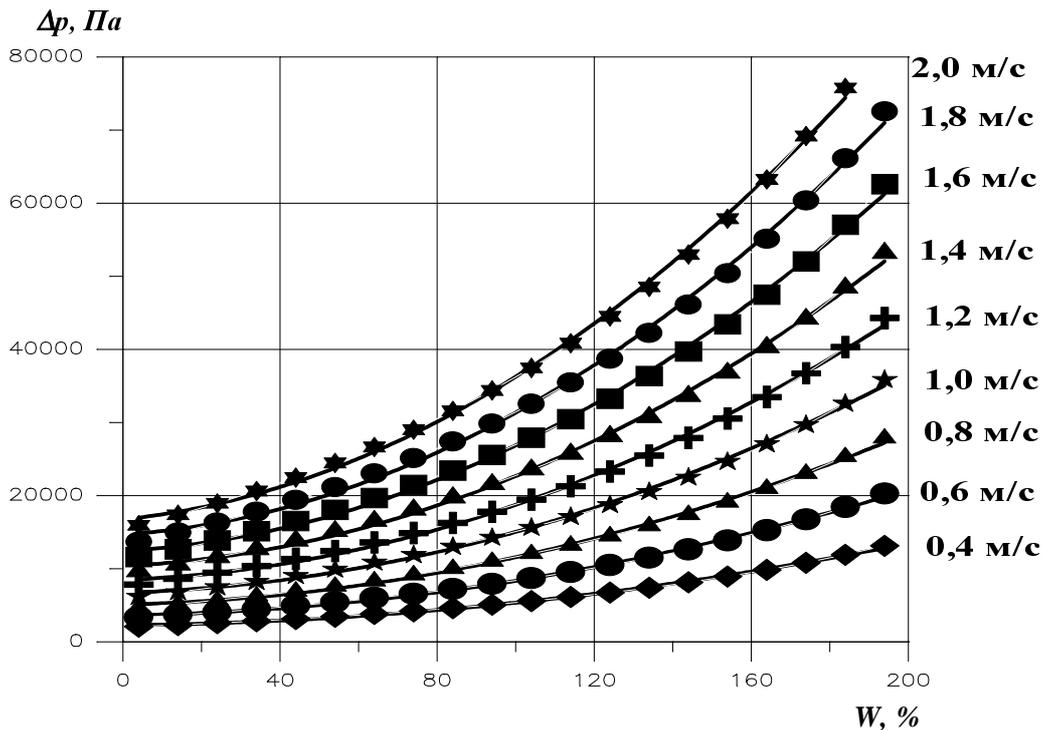


Рис. 2. Залежність зміни гідравлічного опору від вологості матеріалу при різних швидкостях фільтрації теплоносія

Для забезпечення постійного гідродинамічного опору вздовж зони сушіння, необхідно, щоб одночасно із зменшенням вологості і гідродинамічного опору матеріалу опір перфорованої решітки зростав, тобто, щоб виконувалась умова (1).

Зміну гідродинамічного опору решітки можна виразити рівнянням

$$\Delta P_p = C - B \cdot W^{1.73}, \quad (3)$$

де C – величина, яка дорівнює втратам напору у матеріалі при його максимальній вологості, після механічного витіснення вологи із матеріалу. Значення коефіцієнтів A , B , C , отриманих експериментальним шляхом для вищеписаних умов сушіння, наведені у таблиці.

Значення коефіцієнтів A , B , C

ω_0 , м/с	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
A	2072	3306	4673	6177	7821	9613	11549	13645	15906
B	1,22	1,92	2,64	3,41	4,17	4,43	5,71	6,58	7,54
C	12500	19500	26500	34500	42500	48000	55500	63500	72800

Втрати напору у перфорованій решітці розраховують за формулою

$$\Delta P_p = \xi \cdot \frac{\rho \cdot \omega_0^2}{2} = \frac{10^{4.56}}{S^{2.3}} \cdot \frac{\rho \cdot \omega_0^2}{2}, \quad (4)$$

де $\xi = \frac{10^{4.56}}{S^{2.3}}$ – коефіцієнт опору перфорованої решітки, який визначають експериментальним шляхом; S – живий переріз перфорованої решітки, виражений у %.

Тоді на основі рівняння (3), можна записати:

$$\frac{10^{4.56}}{S^{2.3}} \cdot \frac{\rho \cdot \omega_0^2}{2} = C - B \cdot W^{1.73}, \quad (5)$$

а зміну живого перерізу перфорованої решітки залежно від зміни вологості матеріалу, при якому виконується умова (1), можна розрахувати із рівняння (5):

$$S = \left(\frac{10^{4.56} \cdot \frac{\rho \cdot \omega_0^2}{2}}{C - B \cdot W^{1.73}} \right)^{1/2.3} = \left(\frac{10^{4.56} \cdot \frac{\rho \cdot \omega_0^2}{2}}{C - B \cdot W^{1.73}} \right)^{0.44}. \quad (6)$$

Подані залежності дають можливість конструктору сушильного обладнання розрахувати закон зміни живого перерізу перфорованої перегородки залежно від зміни вологості матеріалу так, щоб швидкість фільтрування теплоносія вздовж зони сушіння була приблизно однаковою, а час сушіння – оптимальний.