

мірність сушіння шпону. Перепад тисків ΔP у цьому етапі сушіння створюється безперервно, аж до завершення процесу.

Поетапне сушіння дає змогу зменшити питомі енерговитрати, інтенсифікувати сушіння і проводити його в "м'якому режимі", що позитивно впливає на якість готового продукту.

Література

1. Аксельруд Г.А., Чернявський А.Ч., Ханьк Я.Н. Сушка материалов способом фильтрации теплового агента// ИФЖ. – 1978, т. 34, №2. – С. 230-235.

УДК 66.047 Проф. Я.М. Ханьк, д-р техн. наук – НУ "Львівська політехніка";
доц. В.М. Гербей, канд. техн. наук – УкрДЛТУ;
інж. І.М. Ільків; студ. Н.Я. Цюра – НУ "Львівська політехніка"

СУШІННЯ ЛИСТОВИХ КАПЛЯРНО-ПОРИСТИХ КОЛОЇДНИХ МАТЕРІАЛІВ

Розглянуто метод фільтраційного сушіння безпосередньо у камері паперових виробів складної форми, подані результати кінетичних розрахунків процесу.

Prof. Ya.M. Khanyk – NU "L'vivs'ka politekhnika"; doc. V.M. Gerbey – USUFWT; eng. I.M. Ilkiv; stud. N.Ya. Cyura – NU "L'vivs'ka politekhnika"

Drying of sheet capillary-porous colloidal materials

In the article the method of the filtration drying directly in the chamber of paper wares of complication form, given results of kinetic calculations of process, is considered.

Постановка питання. Сушіння колоїдних матеріалів є складною проблемою як з кінетичної, енергетичної, так і технологічної точок зору, оскільки сушіння таких матеріалів ускладнюється деформацією, усадковими явищами, порушеннями геометричної форми виробів складної будови.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Такі явища мають місце при конвективному процесі сушіння виробів складної форми, що призводить до значної частки браку таких об'єктів, які неможливо направити на наступні операції. Наприклад, при конвективному сушіння картонних циліндричних виробів значної довжини ($l = 0.8-0.9$ м) за рахунок як механічного пошкодження вологих виробів при переході їх із однієї технологічної операції на іншу, так і за рахунок нерівномірності "омивання" поверхні виробів теплоносієм, внаслідок їх складної форми різновидність руху теплоносія вздовж окремих ділянок виробу призводить до різних коефіцієнтів тепловіддачі і масовіддачі, особливо в перший період сушіння, що викликає усадкові деформації і, відповідно, деградацію геометричних форм виробу.

Вказані недоліки призводять не тільки до зниження якості висушуваних об'єктів, але і до значної тривалості сушіння, а також і до великих питомих енергетичних затрат на зневоднення матеріалу.

Постановка завдання. З метою усунення вказаних недоліків було запропоновано використання фільтраційного процесу сушіння безпосередньо

у камері формування виробу складної форми із приготовленої паперової суміші (суспензії) під дією перепаду тисків, тобто шляхом профільтровування суспензії на складну перфоровану поверхню. При цьому вологий виріб не транспортується із матриці, а після формування піддається процесові фільтраційного сушіння за рахунок того, що теплоносій під надлишковим тиском подається у внутрішній об'єм вологого виробу, який притискається за рахунок ΔP до перфорованої стінки. При такому процесі сушіння, незалежно від складності форми виробу, теплоносій проходить крізь капілярну структуру матеріалу і відбувається внутрішньо капілярне конвективне сушіння. Одна умова, яка повинна виконуватися – рівностінність виробу, що забезпечує рівномірність фільтраційного тепло-масообміну, інтенсивність процесу, мінімальні енергетичні затрати.

Якщо, відповідно до технологічних умов, виріб складної форми рівностінний, то рівномірність процесу досягається вирівнюванням сумарного гідравлічного опору диференційованим перфоруванням стінок матриці. Як показують результати досліджень, порівняно з конвективним сушінням, залежно від параметрів теплоносія, процес фільтраційного сушіння картонних виробів складної форми інтенсифікується в 5-15 раз. Кінетичні криві сушіння мають складну форму і складаються з двох умовних періодів. Вони за формою відрізняються від класичних кривих з першим і другим періодами. При фільтраційному сушінні виробів і листових матеріалів, які мають ознаки капілярно-пористого колоїдного об'єкту, перший умовний період – період низько інтенсивного, а другий – високо інтенсивного сушіння, який завершується досягненням рівноважного стану. Такий характер кінетики процесу сушіння характеризується зміною кількості макрокапілярів, по яких рухається теплоносій, із поглибленням зони сушіння, а також – зменшенням в'язкості вологи із ростом температури матеріалу в часі. Поряд з тим такий метод сушіння практично виключає деформацію виробів і забезпечує задану геометричну їх конфігурацію.

Для узагальнення результатів використане рівняння кінетики фільтраційного сушіння [1]:

$$\frac{W}{W_0} = 1 - \alpha \tau \ell^{-az}, \quad (1)$$

де α і a – кінетичні коефіцієнти, їх розмірність відповідно: 1/с; 1/м.

Однак при цьому кінетична крива умовно ділиться на дві частини, як уже згадувалося вище. До досягнення $W = W_{кр}$ процес сушіння в першому умовному періоді описується залежністю:

$$\frac{W}{W_0} = 1 - \alpha_1 \tau \ell^{-az}, \quad (2)$$

а у другому – при $W < W_{кр}$

$$\frac{W}{W_0} = 1 - \alpha_2 (\tau - \tau_{пр}) \ell^{-az}, \quad (3)$$

$$\tau_{кр} = \frac{W_0 - W_{пр}}{W_0 \alpha_1 e^{-a_2 z}}, \quad (4)$$

де: α_1 – кінетичний коефіцієнт першого умовного періоду, 1/с; α_2 – кінетичний коефіцієнт другого умовного періоду, 1/с; $W_{кр}$ – критична вологість, %; $\tau_{кр}$ – час, що відповідає вологості $W_{кр}$, яка лужить на границі завершення першого і початку другого умовного періодів, с.

Період падаючої швидкості, в нашому випадку, не аналізується, оскільки він незначний як в часі, так і за кількістю виділеної вологи.

Узагальнення результатів згідно з рівнянням (1) показує, що кінетичні коефіцієнти "а" – тільки від природи матеріалу. Узагальнення результатів підтверджує думку про різні гідродинамічні режими в першому і другому умовних періодах, а також причини їх виникнення.

Термін "умовний період" вводиться тому, що вказані періоди на кінетичній кривій при фільтраційному тепло-масообміні не аналогічні за своєю фізичною суттю періодам при конвективному сушінні.

Література

1. Ханьк Я.М. Фильтрационная сушка плоских газопроницаемых материалов/ Авто-реф. дис. доктора техн. наук – Львов, 1992. – 36 с.

УДК 66.047

*Проф. Я.М. Ханьк, д-р техн. наук; доц. В.П. Дулеба,
канд. техн. наук; інж. О.В. Станіславчук;
студ. Н.Я. Цюра – НУ "Львівська політехніка"*

СУШІННЯ ЛИСТОВИХ МАТЕРІАЛІВ В ІМПУЛЬСНОМУ РЕЖИМІ

Наведено результати дослідження сушіння листових матеріалів в імпульсному режимі, встановлено зональний характер цього процесу, визначено межі показника циклу K_y .

*Prof. Ya.M. Khanyk; doc. V.P. Duleba;
eng. O.V. Stanislavchuk; stud. N.Ya. Cyura – NU "L'vivs'ka politekhnika"*

Drying of sheet materials in impulsive mode

In the article the results of research of drying of sheet materials are resulted in the impulsive mode, the zonal character of this process is set, the scopes of index of cycle K_y are certain.

Використання фільтраційного процесу сушіння з метою досягнення низької (технологічно необхідної) вологості описано в ряді робіт [1, 2], в яких доведено переваги такого процесу перед конвективним, контактним та іншими існуючими методами. Зокрема, наведені результати досліджень [1] свідчать про те, що гідравлічний опір сухого листового матеріалу значно менший гідравлічного опору вологого матеріалу.

Аналізуючи механізм фільтраційного сушіння, який носить зональний характер, можна зробити висновок, що в процесі фільтраційного сушіння при русі теплоносія крізь пористу структуру вологого матеріалу гідравлічний опір обумовлений як сухою частиною товщини матеріалу, так і вологою, товщина якої зменшується, і домінуюче значення у величині сумарного гідравлічного опору має гідравлічний опір вологої частини листового газопроник-