

УДК 676.04.02

МАРЧЕВСЬКИЙ В. М., к.т.н., проф.; ГРОБОВЕНКО Я. В., магістрант
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

СУШІННЯ НАПОВНЮВАЧА ПАПЕРОВОГО ПОЛОТНА

Наведено фізичну та математичну моделі, що описують основні процеси, які відбуваються під час сушіння пасти двооксиду титану в сушарці з фонтануючим шаром інертних тіл. Запропоновано конструкцію установки для дослідження процесу та перевірки адекватності моделі. Працездатність установки перевірено експериментально. Отримано залежність напруження установки за випареною вологою від перепаду температури в шарі.

Ключові слова: сушіння, двооксид титану, фонтануючий шар, моделювання.

© Марчевський В. М., Гробовенко Я. В., 2013.

Постановка проблеми. Технологічна схема виробництва порошку TiO_2 передбачає отримання дрібнодисперсної суспензії з вологістю 45...46 %. Отримана після фільтрування суспензії паста потребує висушування до залишкової вологості 0,3 %. Сушіння пасти є найбільш енергоємним і тривалим у технології отримання порошку. Тому актуальним є дослідження кінетики сушіння пасти, створення обґрунтованої методики розрахунку цього процесу та розроблення ефективного сушильного обладнання.

Метою статті є встановлення кінетичних закономірностей та основних параметрів сушіння пасти в фонтануючому шарі, необхідних для проектування промислової сушильної установки.

Виклад основного матеріалу. Відома математична модель сушіння дрібнодисперсних матеріалів в фонтануючому шарі [1, 2], що має такий недолік: автор вважає, що в першому періоді сушіння обмежним процесом є масообмін. Насправді під час сушіння тонкої плівки пасти на поверхні інертних тіл швидкість сушіння обмежується швидкістю підведення теплоти. У період нагрівання плівки пасти підведена теплота йде на нагрівання матеріалу від початкової температури до температури мокрого термометра та на випаровування вологи. У першому періоді сушіння вся підведена теплота витрачається на випаровування вільної вологи за сталої швидкості сушіння. У другому періоді видаляється внутрішня та адсорбційна волога до заданої сухості. Швидкість випаровування вологи і нагрівання пасти у цьому процесі можна описати системою диференціальних рівнянь:

$$\begin{cases} \frac{dU}{d\tau} = \frac{\alpha F (t_b - t_{m,t})}{r M_{п} s} - K (u_{1к} - u) \\ \frac{dt}{d\tau} = \frac{\alpha F (t_b - t)}{M_{п} c} - \frac{du}{d\tau} \frac{r}{c} \end{cases},$$

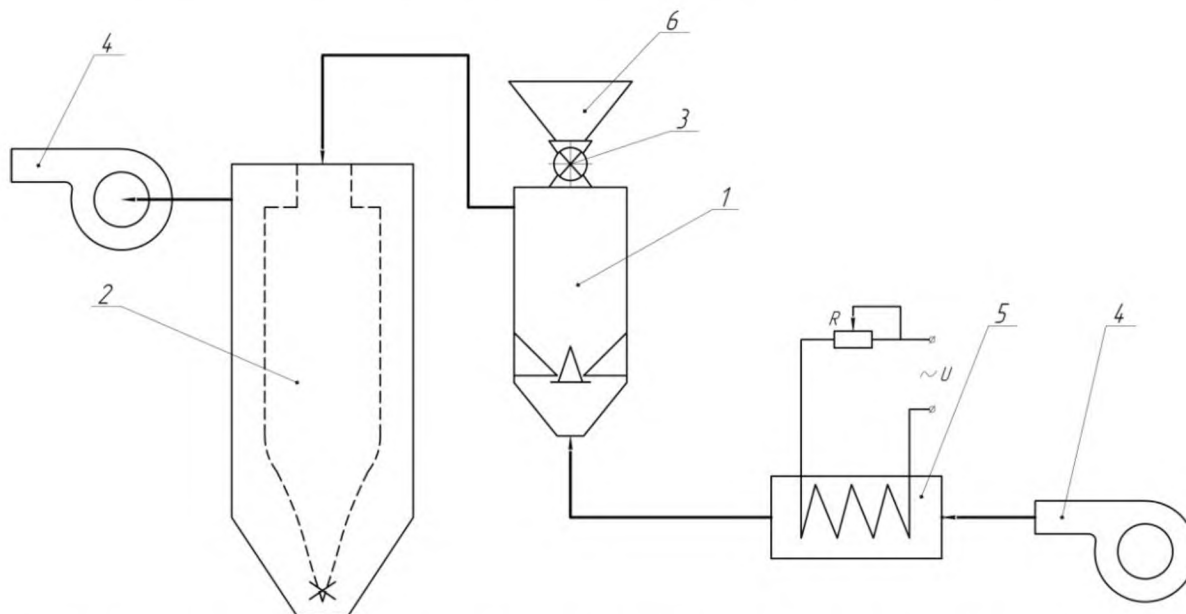
де $dU/d\tau$ – швидкість випаровування вологи, c^{-1} ; F – площа поверхні інертних тіл, на яких відбувається сушіння, m^2 ; α – коефіцієнт тепловіддачі, $Вт/(m^2 \cdot K)$; $K = f(t)$ – коефіцієнт швидкості сушіння в другому періоді, c^{-1} ; r – питома масова теплота пароутворення, $Дж/кг$; c – питома масова теплоємність, $Дж/(кг \cdot K)$; t_b – температура сушильного агента на вході, K ; $t_{m,t}$ – температура, за якої відбувається сушіння вологого матеріалу, K ; t – початкова температура пасти, K ; $u_{1к}$ – кінцевий вологовміст першого періоду сушіння, $кг/кг$; u – вологовміст пасти в другому періоді сушіння, $кг/кг$; s – сухість пасти.

Початкові умови:
$$\begin{cases} u|_{\tau=0} = u_0 \\ \tau_0 = 0 \\ t_0 = t_1 \end{cases},$$
 де t_1 – початкова температура пасти, K ; u_0 – початковий вологовміст пас-

ти, $кг/кг$; τ_0 – початковий час сушіння, $с$.

Для перевірки адекватності моделі розроблено дослідну установку (рис. 1), що дозволяє визначити кінетичні й теплові параметри процесу та питомі показники сушарки.

Пасту завантажують у бункер 6, звідки вона крізь живильник-дозатор 3 надходить у сушарку 1, де висушується на поверхні інертних тіл і з потоком теплоносія прямує в рукавний фільтр 2. У фільтрі висушений двооксид титану відокремлюють від теплоносія. Теплоносій відводять, а порошок збирають у нижній частині фільтра.



1 – сушарка; 2 – рукавний фільтр; 3 – живильник-дозатор; 4 – вентилятор; 5 – калорифер; 6 – бункер

Рис. 1 – Схема сушильної установки

Під час досліджень визначено всі параметри, необхідні для розрахунку статичної й кінетики сушіння: гідравлічний опір решітки, витрата сушильного агенту, температури на вході й виході, маса шару інертних тіл, продуктивність живильника, кінцева вологість теплоносія і вологовміст висушеного матеріалу, швидкість сушильного агенту в перерізі сушильної камери.

Установлено, що сушіння пасти складається з періоду її нагрівання до температури мокрого термометра, періоду сталої швидкості сушіння, що відбувається за вологовмісту 0,7...0,3 кг/кг, і періоду спадаючої швидкості (0,30...0,06 кг/кг). Обмежною стадією сушіння є період спадаючої швидкості, під час якого видаляється адсорбована волога (рис. 2, а).

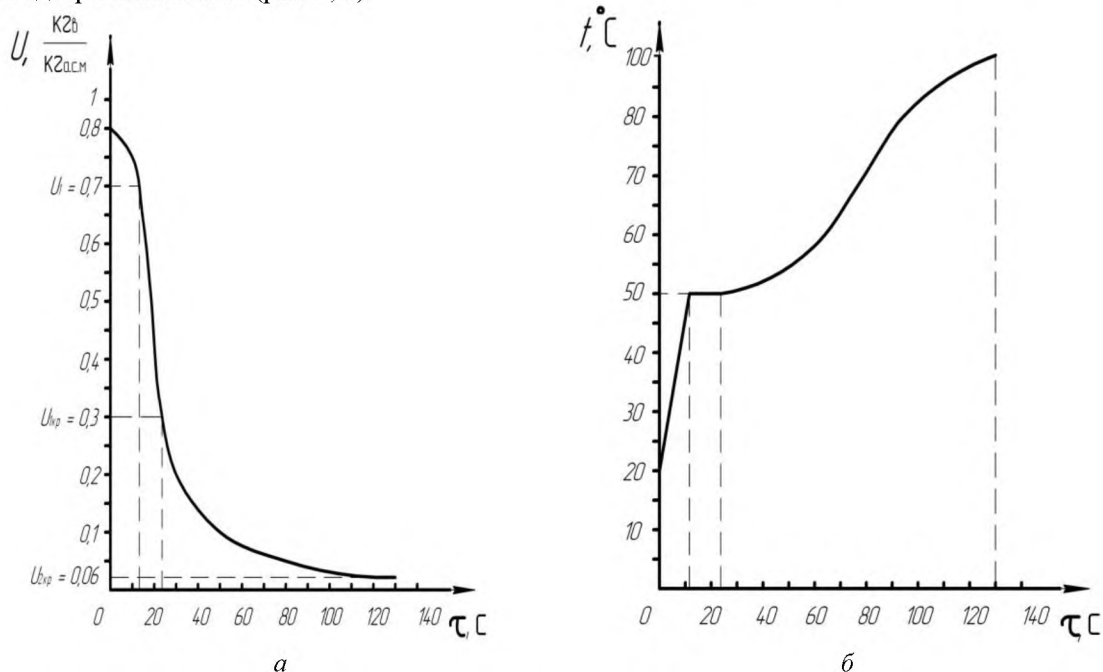


Рис. 2 – Залежність вологовмісту (а) і температури (б) матеріалу від тривалості сушіння

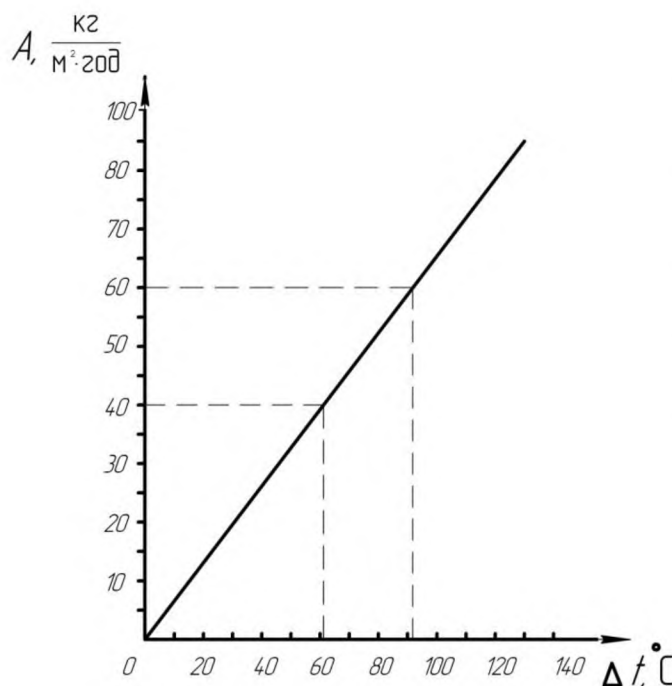


Рис. 3 – Залежність напруження за випареною вологою від перепаду температури в шарі

Температурний режим під час першого періоду сушіння є стабільним (рис. 2, б). Після його закінчення температура шару різко зростає до рівноважної з температурою теплоносія. Залежність напруження шару за видаленою вологою від перепаду температур теплоносія свідчить, що швидкість підведення теплоти у фонтануючий шар обмежує продуктивність сушарки (рис. 3).

Висновки. Доведено, що видалення адсорбційної вологи під час сушіння пасти TiO_2 у фонтануючому шарі обмежує продуктивність сушарки. Для інтенсифікації сушіння і збільшення кінцевої сухості продукту необхідно збільшувати температуру сушіння. Продуктивність сушарки за видаленою вологою лінійно залежить від теплового потоку, що надходить у фонтануючий шар.

Список використаної літератури

1. *Иванов И. Г.* Сушка мелкодисперсных материалов в кипящем слое / И. Г. Иванов. – М. : Энергия, 2012. – 126 с.
2. *Лыков А. В.* Теория сушки / А. В. Лыков. – М. : Энергия, 1968. – 472 с.

Надійшла до редакції 10.03.2013.

Marchevsky V. M., Grobovenko Y. V.

DRYING OF FILLER PAPER WEB

Titanium dioxide TiO_2 is using for production of high quality expensive paper as filler paper web in the pulp and paper industry. In this regard, there is considerable demand for titanium dioxide pigment. The drying process of pasta is the most energy-intensive and limiting process technology TiO_2 . Therefore, the development of new highly efficient and economical drying equipment TiO_2 is an urgent problem.

The aim of the article is to study the kinetics of drying filler paper web TiO_2 and receive parameters necessary for the calculation of industrial drying installation.

Scientific novelty of this work is to use a completely different method of dry pasta in the "spouting bed" with the use of simple, cheap inert bodies dry – plastic and glass beads. To achieve this goal, a new design patents drying installation. In this dryer drying agent comes from the lower pipe and passing through the slit, which made three partitions, increases your speed and meets the TiO_2 paste which is inert bodies. Because triangular partitioning flow stream whirlwind drying and fluidized formed (gushing) layer. The advantages of this setup are: simple structure (as compared with vibrating dryers) stable spouting layer, high performance, ease of maintenance and repair.

For the experimental study of the drying process TiO_2 paste it developed a mathematical model that takes into account the convective heat transfer between the drying agent for wet material that is uniformly distributed on the inert bodies. The adequacy of the mathematical model of the drying process in the "jetting" layer is confirmed experimentally. Compare experimental and theoretical data showed that the mathematical model describes with sufficient accuracy the paper web drying filler TiO_2 .

Keywords: drying, titanium dioxide, spouting layer, inert body simulation.

References

1. *Ivanov I. G.* Sushka melkodispersnyh materialov v kipjashhem sloe [Drying of fine material in a fluidized bed] / I. G. Ivanov. – М. : Jenergjja, 2012. – 126 s.
2. *Lykov A. V.* Teoria sushki [Theory of drying] / A. V. Lykov. – М. : Energiya, 1968. – 472 p.