

664
X22

ХАРЧОВА ПРОМИСЛОВІСТЬ

№ 4

2005

УДК 621.979.6:664

О.М. ПРОХОРОВ, кандидат технічних наук
І.В. ЖИТНЕЦЬКИЙ
 Національний університет харчових технологій

МІНІМІЗАЦІЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ВИТРАТ ПРОЦЕСУ ЗНЕВОДНЕННЯ КАПІЛЯРНО-ПОРИСТИХ МАТЕРІАЛІВ

Проаналізовано енергетичні витрати зневоднення капілярно-пористих матеріалів. Для зменшення енергетичних витрат запропоновано на першому етапі відпресовувати вологу, а потім висушувати цей матеріал.

Ключові слова: відпресовування, зневоднення, капілярно-пористі, волога.

Проанализированы энергетические затраты обезвоживания капиллярно-пористых материалов. Для уменьшения энергетических затрат предложено на первом этапе отпрессовывать влагу, а потом высушивать этот материал.

Ключевые слова: отпрессовывание, обезвоживание, капиллярно-пористые, влага.

Процесам зневоднення капілярно-пористих матеріалів приділяється значна увага у харчовій і переробній галузях виробництва. Мета процесу зневоднення: підвищення якості продукту, збільшення терміну його зберігання, вилучення цінної рідинної фази. Волога, що міститься в матеріалі, зв'язана з твердим залишком механічним, фізичним і хімічним методами.

Найекономічнішим методом зневоднення є процес пресування, який дає змогу вилучити вологу, зв'язану із залишком, механічним і частково фізичним методами. Кінцева волога відпресованого продукту залежить від режиму пресування та реологічних властивостей продукту і становить 30...50 % (Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. — М.: Химия, 1973. — 752 с.).

Процес сушіння капілярно-пористих речовин є одним із енергоємних методів і дає змогу отримати продукти з кінцевою вологістю 2...10 %.

Тому, щоб зменшити енергетичні витрати, доцільно процес зневоднення проводити на першому етапі методом пресування, а на другому — методом сушіння з доведенням вологості залишку до потрібного значення.

Розглянемо процес зневоднення методами пресування і сушіння.

Механічну роботу визначаємо за рівнянням

$$A_q = FL = qSL = qV, \quad (1)$$

де F — зусилля пресування, Н; L — переміщення поршня m ; V — об'єм усадки матеріалу m^3 ; q — питомий тиск, Па; S — площа стиснутого матеріалу, m^2 .

У процесі усадки матеріалу змінюється коефіцієнт пористості [1]

$$e = \frac{(V_w + V_r)}{V_r} = \frac{V_w}{V_r} k_1, \quad (2)$$

де V_w , V_r , V_r — об'єми, зайняті відповідно водою, газом, твердим залишком, m^3 .

Вологовміст матеріалу

$$W = m_w / m_r, \quad (3)$$

де m_w , m_r — маси води та твердого залишку, кг. Підставивши вираз вологості матеріалу у формулу (2), дістанемо

$$e = \frac{V_w}{V_r} k_1 = \frac{m_w \rho_r}{\rho_w m_r} k_1 = W \frac{\rho_r}{\rho_w} k_1 = W \xi k_1, \quad (4)$$

де $\xi = \frac{\rho_r}{\rho_w}$ — коефіцієнт; ρ_w, ρ_r — густини твердого залишку і відтискуваної рідини, kg/m^3 ; k_1 — коефіцієнт, що враховує фізичні властивості матеріалу.

Об'єм усадки визначаємо з формули (4):

$$V = eV_r = \frac{-\Delta W \xi m_r}{\rho_r}. \quad (5)$$

Значення механічної роботи, виконуваної під час віджимання рідини, за умови зміння вологовмісту можна визначити за рівнянням

$$\Delta A_q = q(w) \frac{-\Delta W m_r \xi}{\rho_r}. \quad (6)$$

Енергетичні витрати на процес сушіння складаються з витрат на підігрівання матеріалу і витрат на випаровування вологи:

$$\Delta A_r = m_w c_w (t' - t_0) + m_r c_r (t' - t_0) + r \Delta m_w = A' + r \Delta W m_r, \quad (7)$$

де c_w , c_r — теплоємності води та твердого залишку $kJ/kg \cdot ^\circ C$; t' , t_0 — температури води та твердого залишку $^\circ C$; r — теплота пароутворення води, kJ/kg ; A' — робота на підігрівання води та твердого залишку, kJ .

На рисунку зображено процес зневоднення капілярно-пористого матеріалу від початкового вологовмісту W_0 до кінцевого вологовмісту W_3 за допомогою процесів пресування і сушіння. Процес сушіння зображено ломаною кривою BCDE. Ділянка

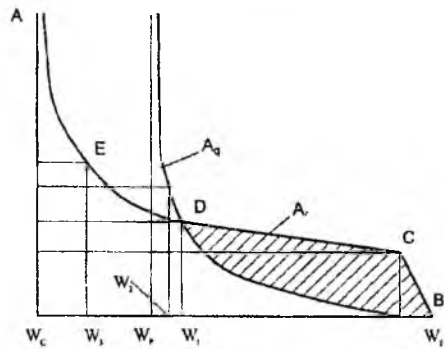


Рисунок. Залежність витрат енергії під час пресування і сушіння вологих продуктів

BC — підігрівання матеріалу, CD — пряма постійної швидкості сушіння, DE — крива досушування матеріалу. Рівноважні значення вологості матеріалу W_p , а при сушінні цього матеріалу — W_f .

Процес механічного зневоднення зображено кривою BD. На початковому етапі зневоднення витрати енергії незначні, а потім вони різко збільшуються. Незалежно від питомого тиску пресування можна отримати кінцевий вологовміст продукту W_p , який залежить від реологічних характеристик продукту і режимів пресування. Із рисунка встановлюємо, що використання комбінованого методу зневоднення дає змогу мінімізувати енергетичні витрати. На початковому етапі, при значній вологості матеріалу W_0 використовуємо метод віджимання рідини. А на другому етапі (від вологості W_p) для зневоднення матеріалу треба використовувати сушіння.

Витрати енергії на відповідних процесах

$$A_c = \frac{m_T}{\rho_T} \xi \int_{w_i}^{w_0} q(w) dw, \quad (8)$$

$$A_r = A' + r m_T \int_{w_i}^{w_0} dw = A' + r m_T (W_0 - W). \quad (9)$$

Аби знайти точку перетину кривих зневоднення, треба, щоб кути нахилу дотичних у точці D були рівними. Математично це описується так:

$$(A_q)'_{w_i} = (A_r)'_{w_i}, \quad (10)$$

$$(A_q)'_{w_i} = q(w) \frac{m_T}{\rho_T} \xi,$$

$$(A_r)'_{w_i} = B + r m_T,$$

$$q(w) = \left(\frac{B}{m_T} + r \right) \frac{\rho_T}{\xi}. \quad (11)$$

Компресійна крива для більшості капілярно-пористих матеріалів апроксимується [1] відношенням

$$e = a / q^n, \quad (12)$$

де a, b — коефіцієнти, що характеризують досліджуваний матеріал.

Із формули (12) отримуємо

$$q = \left(\frac{a}{e} \right)^{\frac{1}{n}}. \quad (13)$$

Враховуючи формули (4), (11), (13), визначаємо вологовміст W_1 , до якого зневоднюємо матеріал механічним методом:

$$\left(\frac{a}{W \xi k_1} \right)^{\frac{1}{n}} = \left(\frac{B}{m_T} + r \right) \frac{\rho_T}{\xi}, \quad (14)$$

звідки

$$W_1 = \frac{a^n}{\xi k_1^n} \left[\left(\frac{B}{m_T} + r \right) \frac{\rho_T}{\xi} \right]^n. \quad (15)$$

У загальному випадку економія енергії при комбінованому методі зневоднення капілярно-пористих матеріалів визначається так:

$$\Delta E = A_c \Big|_{w_0}^{w_i} - A_q \Big|_{w_i}^{w_0}. \quad (16)$$

Висновки:

1) на основі компресійної прямої встановили доцільність використання комбінованого методу зневоднення матеріалів;

2) визначили основні параметри при розрахунку нового та реконструкції існуючого обладнання для віджимання рідин;

3) визначили економію енергії у разі використання комбінованого методу порівняно з процесом сушіння.

Одержана редколегією 24.02.05 р.