

NGHIÊN CỨU TẬN DỤNG NHIỆT THẢI TỪ LÒ TRẮNG BÁNH ĐỂ SẤY BÁNH TRẮNG

RESEARCH ON RECYCLING WASTE HEAT FROM RICE PAPER STOVE FOR RICE PAPER DRYING

Mã Phước Hoàng

Trường Đại học Bách khoa, Đại học Đà Nẵng; nhietlanhdng@gmail.com

Tóm tắt - Bài báo này đề xuất các cơ sở tính toán thiết kế một thiết bị sấy tận dụng nhiệt thải từ lò tráng bánh để gia nhiệt cho không khí cấp cho quá trình sấy. Thiết bị sấy có calorifer sử dụng ống nhiệt trọng trường. Ống nhiệt được sáng chế từ rất lâu tuy nhiên việc nghiên cứu ứng dụng nó mới chỉ phát triển mạnh gần đây. Việc dùng không khí nóng để sấy vừa đảm bảo chất lượng bánh tráng vừa đảm bảo sức khỏe người làm việc do tránh tiếp xúc với khói độc. Tận dụng nhiệt thải hạn chế được việc đốt nhiên liệu than củi do vậy tiết kiệm năng lượng đồng thời giảm tải ô nhiễm môi trường. Thiết bị được chế tạo với công suất 3 kg/h và đánh giá thực nghiệm. Thiết bị có thể được triển khai ứng dụng rộng rãi trong sản xuất.

Từ khóa - nhiệt thải; ống nhiệt; sấy; tiết kiệm năng lượng; môi trường.

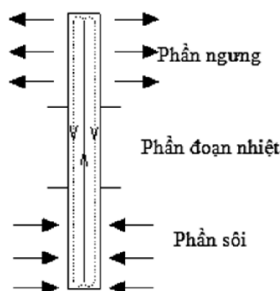
Abstract - This paper proposes the design and calculation of a drier that takes advantage of waste heat from rice paper stove to heat the entering air for drying. The drying device uses a gravity heat pipe. The heat pipe was invented a long time ago but its research and applications only thrive in recent time. Using hot air for drying not only ensures the quality of rice paper, but also protects workers from contact with toxic fumes. Recycling waste heat reduces the amount of coal and firewood burnt, resulting in energy conservation and lower pollution emissions. The device was manufactured with a capacity of 3 kg/h and experimentally evaluated. It is feasible for this device to be widely applied in production.

Key words - waste heat; heat pipes; drying; energy conservation; environment

1. Đặt vấn đề

Hiện nay các lò tráng bánh thủ công ở miền Trung khi hoạt động vào mùa mưa, bánh tráng được sấy từ khói của than, củi đốt nên bánh tráng có chất lượng không đảm bảo, mất vệ sinh và còn gây ảnh hưởng đến sức khỏe người làm việc cũng như người tiêu dùng. Trong khi nhiệt thải từ ống khói của lò tráng bánh rất lớn (nhiệt độ trên 300 °C), đây là một sự lãng phí. Đã có một số biện pháp thu hồi nhiệt thải này như: kéo dài đường khói sấy bánh qua bề mặt ngoài ống khói, sấy bằng chính khói lò tráng bánh,... Tuy nhiên, hiệu suất thu hồi kém, thời gian sấy lâu, chất lượng bánh tráng không đạt yêu cầu. Để khắc phục những hạn chế này, chúng tôi đã mạnh dạn đề xuất phương án sử dụng ống nhiệt trọng trường để tận dụng nhiệt thải từ ống khói gia nhiệt cho không khí cấp cho quá trình sấy.

2. Cơ sở lý thuyết về ống nhiệt trọng trường



Hình 1. Nguyên lý ống nhiệt trọng trường

Ống nhiệt [3] là một phần tử trao đổi nhiệt có không gian khép kín, bên trong chứa môi chất xảy ra hai quá trình chuyển pha là sôi hóa hơi và ngưng tụ. Môi chất nạp trong ống sẽ nhận nhiệt từ nguồn nóng tại phần sôi của ống, sôi hóa hơi và di chuyển lên phần ngưng nhà nhiệt cho nguồn lạnh rồi ngưng tụ thành lỏng, sau đó lại quay trở về phần sôi nhờ các lực khác nhau: lực trọng trường, lực mao dẫn, lực ly tâm, lực điện trường, lực từ trường,... Áp suất và nhiệt độ làm việc bên trong ống nhiệt chính là áp suất và nhiệt độ hơi của chất lỏng nạp bên trong ống nhiệt.

Với ống nhiệt trọng trường, lực đưa chất lỏng ngưng quay về lại phần sôi là lực trọng trường và phần sôi bao giờ cũng thấp hơn phần ngưng. Để cho ống nhiệt trọng trường hoạt động bình thường thì góc nghiêng (góc tạo bởi trục ống nhiệt và hình chiếu của nó lên mặt phẳng nằm ngang) không được nhỏ hơn 10°.

Công suất truyền tải của ống nhiệt không được vượt quá công suất nhiệt tới hạn (là công suất truyền tải nhiệt lớn nhất mà ống nhiệt chưa bị hỏng). Thường công suất nhiệt tới hạn lõi cuộn Q_c là công suất nhiệt tới hạn có giá trị nhỏ nhất, khi ta tính toán chỉ cần quan tâm đến giá trị này. Theo [3], Q_c được xác định:

$$Q_c = 0,64 \cdot A_h \left(\frac{\rho}{\rho_h} \right)^{0,13} \cdot r \left[\sigma \cdot g \cdot \rho_h^2 \cdot (\rho - \rho_h) \right]^{0,25} \quad (1)$$

Công suất nhiệt trong [3]:

$$Q_i = 5,24 \cdot A \xi (t_{is} - t_{in})^{0,75} \quad (2)$$

Công suất nhiệt toàn bộ [3]:

$$Q = \frac{\Delta t}{R} = \frac{t_z - t_w}{R_z + R_{vs} + R_s + R_h + R_n + R_{vn} + R_w} \quad (3)$$

ở chế độ nhiệt ổn định thì $Q_i = Q$, trong đó:

A – hệ số kích thước của ống nhiệt,

ξ – hệ số tính chất vật lý của môi chất nạp,

R – tổng nhiệt trở, K/W,

$R_z, R_{vs}, R_s, R_h, R_n, R_{vn}, R_w$ là các nhiệt trở thành phần, K/W,

t_z – nhiệt độ trung bình nguồn nóng tại phần sôi của ống, °C,

t_w – nhiệt độ trung bình nguồn lạnh tại phần ngưng của ống, °C.

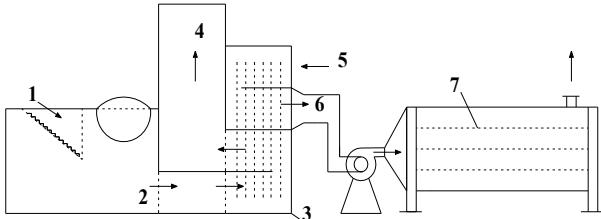
3. Tính toán thiết kế thiết bị sấy tận dụng nhiệt thải từ lò tráng bánh để sấy bánh với calorifer sử dụng ống nhiệt trọng trường

3.1. Nguyên lý thiết bị sấy tận dụng nhiệt thải

Nguyên lý hoạt động của thiết bị sấy tận dụng nhiệt thải từ lò tráng bánh để sấy bánh tráng (Hình 2).

Trong đó:

- 1 – Nhiên liệu đốt cấp vào lò tráng bánh (trấu, mùn cưa,...);
- 2 – Đường khói vào calorifer;
- 3 – Calorifer ống nhiệt trọng trường;
- 4 – Đường khói thoát;
- 5 – Không khí tươi;
- 6 – Không khí nóng;
- 7 – Buồng sấy bánh tráng.



Hình 2. Sơ đồ nguyên lý thiết bị sấy

3.2. Công suất nhiệt dự kiến tận dụng từ ống khói của lò tráng bánh

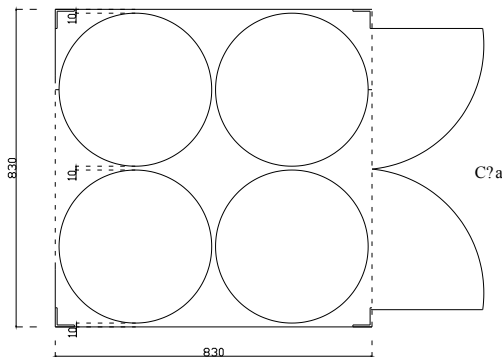
Công suất nhiệt của khói có thể tận dụng của bộ thu dự kiến sẽ là:

$$Q_{kh} = G_{kh} \cdot C_{p_{kh}} \cdot (t_{kh}' - t_{kh}'') \quad (4)$$

$$= 0,17 \cdot 1,122 \cdot (300 - 230) = 13,1 \text{ kW}$$

3.3. Tính toán thiết bị sấy

- Công suất thiết bị sấy: $G_2 = 3 \text{ kg/h}$
- Thời gian sấy: 30 phút
- Độ ẩm đầu và sau vật liệu sấy: 80 % và 12 %
- Nhiệt độ vào và ra thiết bị sấy: $t'_{kk1} = 70^\circ\text{C}$, $t'_{kk2} = 36^\circ\text{C}$
- Lượng không khí khô cần thiết cho quá trình sấy:
 $L = 850 \text{ kg KKK/h}$.
- Lượng nhiệt cần thiết cho quá trình sấy: $Q = 9,8 \text{ kW}$.
- Kích thước của buồng sấy: $(L \times R \times H) = (830 \times 830 \times 900) \text{ mm}$



Hình 3. Cấu tạo buồng sấy

3.4. Tính toán calorifer ống nhiệt

Để tính toán calorifer ống nhiệt trọng trường thì phải tính công suất của một ống nhiệt, xác định công suất này cần giải hệ phương trình:

$$\begin{cases} Q_i = \frac{\Delta t_i}{R_i} = \frac{t_{is} - t_{in}}{R_s + R_n + R_h} \\ Q_i = 5,24 \cdot A \xi (t_{is} - t_{in})^{0,75} \\ R_i = \frac{\Delta t_i^{0,75}}{5,24 \cdot A \xi} \end{cases} \quad (5)$$

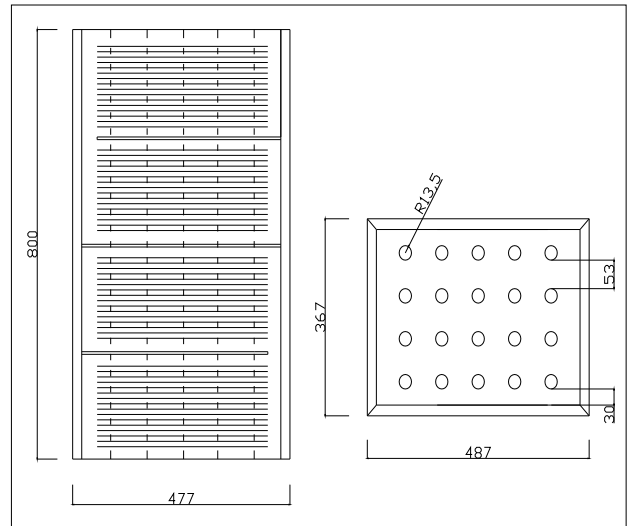
Giải hệ phương trình này sử dụng phương pháp lặp theo sơ đồ thuật toán (Hình 3). Kết quả như sau:

- Nhiệt độ khói thải vào calorifer: $t_{kh}' = 300^\circ\text{C}$;
 - Nhiệt độ khói thải ra calorifer: $t_{kh}'' = 230^\circ\text{C}$;
 - Nhiệt độ không khí ra calorifer: $t_{kk1}' = 70^\circ\text{C}$;
 - Lưu lượng khói thải là: $G_{kh} = 0,17 \text{ kg/s}$;
 - Lưu lượng không khí: $G_{kk} = 0,24 \text{ kg/s}$;
 - Ống nhiệt:
 - + Đường kính trong và ngoài: $d_i/d_e = 23/27 \text{ mm}$;
 - + Đường kính cánh: $d_z = 40 \text{ mm}$;
 - + Chiều dài ống nhiệt: $L = 800 \text{ mm}$;
 - + Chiều dài phần sôi: $L_s = 400 \text{ mm}$;
 - + Chiều dài phần ngưng: $L_n = 400 \text{ mm}$;
 - + Vật liệu làm ống: thép CT3;
 - + Môi chất nạp: nước;
 - + Công suất nhiệt của mỗi ống: $Q_i = 483 \text{ W}$.
- Vậy số lượng ống nhiệt sẽ là: $n = 9,8 / 483 = 20$ ống.
- Công suất quạt: $N_q = 300 \text{ W}$.

4. Chế tạo thiết bị thực nghiệm, đánh giá kết quả

4.1. Chế tạo thiết bị sấy

Thiết bị sấy được chế tạo tại Xưởng Nhiệt, khoa Công nghệ Nhiệt – Điện lạnh, Trường Đại học Bách khoa, Đại học Đà Nẵng với công suất 3 kg/h.



Hình 4. Cấu tạo ống nhiệt



Hình 5. Thiết bị sấy thực nghiệm

4.2. Trình tự đo đặc thí nghiệm

- Khởi động lò đốt bằng vật liệu trấu.
- Đo đặc các thông số nhiệt độ của khói vào và ra

calorifer kiểu ống nhiệt và đo lưu lượng khối. Điều chỉnh sao cho các thông số trên bằng với các thông số của lò tráng bánh thực tế để thực hiện quá trình thí nghiệm.

- Đo nhiệt độ không khí nóng cấp vào quá trình sấy, điều chỉnh lưu lượng không khí vào buồng sấy qua cửa điều chỉnh đặt ở đầu đầu của quạt.

- Sau khi đạt các thông số yêu cầu, đưa vật liệu sấy vào và tiến hành thí nghiệm. Vật liệu sấy ở đây là bánh tráng ướt được đặt trên các khay lưới thép. Sử dụng đồng hồ đo thời gian sấy. Đo nhiệt độ ra của tác nhân sấy. Đo độ ẩm vật liệu sấy.

Trong quá trình sấy, thực hiện thao tác đảo khay trên xuống để đảm bảo độ khô đồng đều của các bánh tráng trên khay (khoảng 10 phút/lần) và thời gian khoảng 5 phút ghi lại thông số độ ẩm vật liệu sấy.

4.3. Kết quả nghiên cứu và đánh giá

Bảng 1. Thông số nhiệt độ trong quá trình thí nghiệm sấy bánh tráng

Nhiệt độ khối, °C			Nhiệt độ không khí, °C		
t _{kh} '	t _{kh} ''	Δt _{kh}	t _{kk1} '	t _{kk2} '	Δt _{kk}
300	240	60	65	32	34
303	242	61	66	33	33
307	245	62	69	32	37
310	247	63	71	34	37
316	249	67	69	33	36

Bảng 2. Quan hệ giữa khối lượng vật liệu sấy theo thời gian sấy (lần 1)

τ, phút	G, g	τ, phút	G, g
5	257	25	114
10	239	30	73
15	194	35	35
20	157		

Bảng 3. Quan hệ giữa khối lượng vật liệu sấy theo thời gian sấy (lần 2)

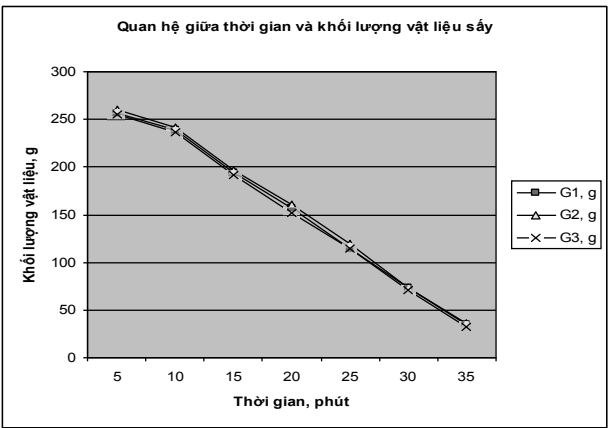
τ, phút	G, g	τ, phút	G, g
5	260	25	119
10	242	30	74
15	197	35	36
20	161		

Bảng 4. Quan hệ giữa khối lượng vật liệu sấy theo thời gian sấy (lần 3)

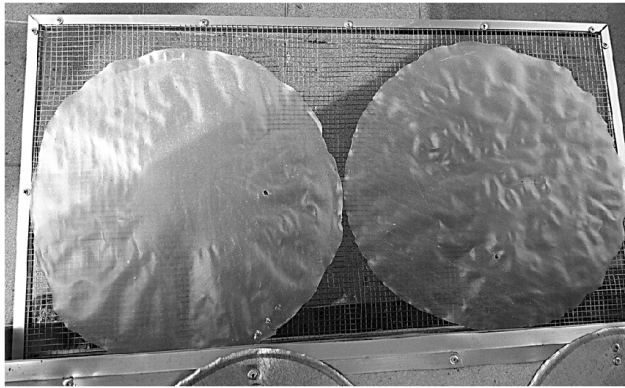
τ, phút	G, g	τ, phút	G, g
5	255	25	115
10	236	30	71
15	192	35	32
20	152		

Từ kết quả thí nghiệm trên có thể thấy rằng:

- Bánh tráng sau khi sấy xong (độ ẩm ω₂ trung bình các lần sấy là khoảng 13% sau thời gian 35 phút) có sai lệch với lý thuyết, điều này có thể lý giải như sau: quá trình trao đổi nhiệt - ẩm có thể bị giảm do nhiệt tổn thất ra môi trường, các thông số thực tế của không khí có sai lệch so với khi chọn tính toán,... Bánh tráng sau khi sấy có màu sắc giống bánh tráng phơi nắng, sau khi nhúng nước và để khô lại, rồi tiếp tục nhúng nước, bánh tráng vẫn dẻo, đây là yếu tố đảm bảo cho loại bánh tráng ngon, chất lượng.



Hình 6. Đường cong sấy cho 3 lần khác nhau



Hình 7. Hình ảnh vật liệu sau khi sấy

- Nhiệt độ không khí ra khỏi calorifer kiểu ống nhiệt trọng trường thay đổi không đáng kể, do đó nhiệt độ ổn định dù nhiệt độ khối thay đổi. Với vật liệu sấy là bánh tráng, nếu nhiệt độ sấy thay đổi sẽ ảnh hưởng đến quá trình sấy: Nhiệt độ sấy cao quá sẽ làm bánh tráng cong vênh, mất chất lượng; còn nếu nhiệt độ sấy giảm xuống thì sẽ tăng thời gian sấy. Do vậy, việc lựa chọn calorifer thích hợp cũng là vấn đề đáng lưu ý.

- Thời gian sấy tăng lên do thất thoát nhiệt khi đảo khay sấy, theo thực nghiệm thấy rằng, trong thời gian sấy khoảng 15 phút đảo một lần vẫn đảm bảo độ khô đồng đều của các vật liệu sấy trong mẻ.

5. Tính sơ bộ hiệu quả kinh tế

- Cơ sở tính hiệu quả kinh tế
 - + Các lò tráng bánh thực tế quy mô hộ gia đình có công suất 3 kg/h, thường sử dụng các nhiên liệu than, củi để sấy bánh vào những ngày mưa, do vậy khi tính kinh tế thiết bị cũng dựa trên số ngày mưa (10 tiếng/ngày, 22 ngày làm việc/tháng, 4 tháng mưa/năm)
 - + Khi thực hiện sấy bằng cách đốt than, củi thì phải thuê thêm 1 nhân công làm việc.
 - + Giá điện năng trung bình: 1.500 đ/kWh để tính chi phí vận hành khi thiết bị sấy sử dụng nhiệt thải (cho quạt).
- Thiết bị sấy có tận dụng nhiệt thải công suất 3 kg/h có giá 35.000.000 đồng. Nếu sử dụng thiết bị sấy này sẽ tiết kiệm cho một năm là:
 - * Củi, trấu: 4.960.000 – 369.000 = 14.591.000 đồng.
 - * Than: 20.240.000 – 369.000 = 19.871.000 đồng.

Bảng 5. *Tính hiệu quả kinh tế thiết bị sấy tận dụng nhiệt thải*

Phương án	Giá nhiên liệu (đ)	Giá nhân công (đ)	Chi phí một năm (đ)
Củi, trấu	20.000	150.000	14.960.000
Than	100.000	150.000	20.240.000
Khi có tận dụng nhiệt thải (điện năng của quạt 0,3 kW)	Không	Không	369.000

Như vậy, sau khoảng 3 năm (với củi, trấu) và sau khoảng 2 năm (với than), các hộ tráng bánh sẽ thu hồi lại vốn đầu tư thiết bị và các năm kế tiếp sẽ thu lãi với số tiền bằng số tiền tiết kiệm trên.

6. Kết luận

- Bài báo đề xuất phương án tiết kiệm năng lượng, giảm chi phí nhiên liệu đốt cho các cơ sở sản xuất bánh tráng, giảm thời gian sản xuất cũng như nhân công lao động, đem

lại hiệu quả kinh tế cao, đóng góp vào mục tiêu của chương trình tiết kiệm năng lượng của quốc gia.

- Lò sấy bánh tráng bằng nhiệt thải đem lại hiệu quả giảm thiểu ô nhiễm môi trường cao.

- Góp phần vào triển vọng ứng dụng ống nhiệt trong các thiết bị sấy nông sản khác như bún sấy, hoa, quả,...

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Andrews and A. Akabarzadeh, *Heat pipes Technology*, Pergamon, 1997.

[2] Hoàng Ngọc Đồng, Trần Văn Vang, “*Nghiên cứu, thiết kế, chế tạo thiết bị sấy nông sản có thiết bị gia nhiệt kiểu ống nhiệt*”, Báo cáo HNKH lần thứ 20 Trường Đại học Bách khoa Hà Nội, 2006.

[3] Bùi Hải, Trần Văn Vang, *Ống nhiệt và ứng dụng ống nhiệt*, NXB Bách khoa – Hà Nội, 2008.

[4] M.N. Ivanovski and V.P. Sorokin, *The physical principles of Heat pipes*, Claredon Press, 1982.

[5] Trần Văn Phú, *Kỹ thuật sấy*, NXB Giáo dục, 2009.

(BBT nhận bài: 25/11/2014, phân biên xong: 03/12/2014)