

# CHẾ TẠO THIẾT BỊ TRAO ĐỔI NHIỆT ỐNG NHIỆT NHẪM THU HỒI NHIỆT THẢI

## MANUFACTURING HEAT PIPE HEAT EXCHANGER FOR WASTE HEAT RECOVERY

Bùi Mạnh Tú<sup>1\*</sup>, Đặng Văn Bình<sup>2</sup>

### TÓM TẮT

Vấn đề thu hồi nhiệt thải từ các lò hơi, nhà máy đang được quan tâm. Việc tận dụng nhiệt thải mang lại hiệu quả năng lượng rất lớn và cũng góp phần giảm thiểu đáng kể việc sử dụng nguồn điện sẵn có nhằm đáp ứng nhu cầu phát triển công nghiệp hóa, hiện đại hóa cũng như bảo vệ môi trường. Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu, chế tạo thiết bị trao đổi nhiệt ống nhiệt nhằm thu hồi nhiệt thải của lò dầu truyền nhiệt. Kết quả thử nghiệm cho thấy, thiết bị hoạt động ổn định và hiệu quả.

**Từ khóa:** Thiết bị trao đổi nhiệt ống nhiệt, thu hồi nhiệt thải, hiệu quả năng lượng.

### ABSTRACT

Recovering waste heat from boilers and factories is being concerned. Utilizing waste heat bring high energy efficiency and also significantly reduce the use of available electricity to meet the needs of industrialization, modernization as well as environmental protection. This paper presents the results, manufacturing of heat pipe heat exchanger for waste heat recovery from heat transfer oil furnaces. Test results show that the device works stably and effectively.

**Keywords:** Heat pipe heat exchanger, waste heat recovery, energy efficiency.

<sup>1</sup>Trường Đại học Điện lực

<sup>2</sup>Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

\*Email: tubm@epu.edu.vn

Ngày nhận bài: 08/9/2020

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 28/11/2020

Ngày chấp nhận đăng: 23/12/2020

### 1. GIỚI THIỆU

Nhiệt thải là nhiệt phát sinh trong quá trình đốt cháy nhiên liệu hoặc phản ứng hoá học và được thải ra ngoài môi trường.

Hoạt động của các lò hơi, lò dầu truyền nhiệt, lò nung và lò nhiệt luyện... thường phát sinh ra một lượng lớn khí thải ở nhiệt độ cao, do đó mang theo một lượng năng lượng rất lớn. Lượng nhiệt thải này nếu được thu hồi thì có thể sử dụng cho mục đích tiết kiệm năng lượng. Trên thực tế, không thể thu hồi được toàn bộ nhưng có thể thu hồi được phần lớn năng lượng trong khí thải từ các nguồn nhiệt thải.

Trong vấn đề thu hồi năng lượng từ các nguồn nhiệt thải, yếu tố chính cần quan tâm là chất lượng của nguồn

nhiệt thải. Cơ chế để thu hồi nhiệt thải này phụ thuộc vào nhiệt độ của nguồn khí thải và các chỉ tiêu về kinh tế.

Khi xem xét tiềm năng thu hồi nhiệt thải cần phân tích, đánh giá chất lượng và tiềm năng sử dụng của chúng (bảng 1).

Bảng 1. Nguồn nhiệt thải và khả năng thu hồi nhiệt

TT	Nguồn nhiệt thải	Khả năng thu hồi nhiệt và tiềm năng sử dụng nguồn nhiệt thu hồi
1	Nhiệt tại khói lò	Nhiệt độ càng cao, khả năng thu hồi nhiệt càng lớn
2	Nhiệt của dòng hơi (hơi từ các cửa trích tuabin, hơi ra khỏi tuabin...)	Nhiệt độ càng cao, khả năng thu hồi nhiệt càng lớn, thêm vào đó khi ngưng tụ lại có thể thu hồi nhiệt ẩn
3	Nhiệt bức xạ và đối lưu thất thoát do toả nhiệt từ bề mặt ngoài của thiết bị	Khả năng thu hồi nhiệt không nhiều, nếu được thu hồi có thể dùng để sưởi không khí phục vụ sinh hoạt hoặc gia nhiệt sơ bộ không khí sử dụng trong công nghiệp.
4	Thất thoát nhiệt do nước làm mát	Khả năng thu hồi nhiệt không cao.
5	Nhiệt trong các sản phẩm ra khỏi quy trình	Khả năng thu hồi nhiệt phụ thuộc vào nhiệt độ của các sản phẩm ra khỏi quy trình.
6	Nhiệt trong các chất thải dạng khí và dạng lỏng ra khỏi quy trình	Khả năng thu hồi nhiệt kém, nếu bị ô nhiễm nặng và do vậy cần có thiết bị trao đổi nhiệt hợp kim

Các thiết bị thu hồi nhiệt thải được sử dụng như: Thiết bị thu hồi nhiệt; Tuabin nhiệt; Máy thu phát nhiệt; Thiết bị trao đổi nhiệt gia nhiệt nước cấp; Thiết bị trao đổi nhiệt kiểu ống lồng ống; Thiết bị trao đổi nhiệt dạng tấm; Thiết bị trao đổi nhiệt ống xoắn vòng; Nồi hơi thu hồi nhiệt thải; Bơm nhiệt; Máy nén nhiệt và Ống nhiệt. Căn cứ vào mục đích thu hồi nhiệt, điều kiện thực tế, chúng ta sẽ lựa chọn phương pháp, thiết bị thu hồi phù hợp.

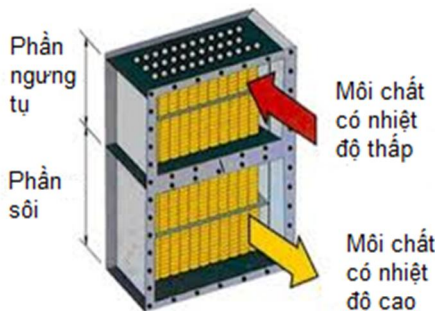
Hiện nay, ở Việt Nam vấn đề thu hồi nhiệt thải từ các lò hơi, nhà máy đang được quan tâm. Việc tận dụng nhiệt thải sẽ mang lại hiệu quả năng lượng rất lớn và cũng góp phần giảm thiểu đáng kể việc sử dụng nguồn điện sẵn có nhằm đáp ứng nhu cầu phát triển công nghiệp hóa hiện đại hóa đất nước cũng như bảo vệ môi trường. Một số nhà khoa học, viện nghiên cứu, công ty đã tiến hành nghiên cứu, chế tạo các thiết bị thu hồi nhiệt thải như: Nghiên cứu chế tạo

và thử nghiệm máy lạnh thu hồi nhiệt để cung cấp đồng thời nhiệt - lạnh của nhóm tác giả Nguyễn Công Vinh, Hồ Trần Anh Ngọc [1]; Nghiên cứu tận dụng nhiệt thải từ lò tráng bánh để sấy bánh tráng của Mã Phước Hoàng [2]; Nghiên cứu, thiết kế và chế tạo bộ sấy không khí hồi nhiệt kiểu quay trong lò hơi đốt than Nhà máy nhiệt điện của Phan Hữu Thắng [3];...

Trong bài báo này, nhóm tác giả sẽ tiến hành nghiên cứu, chế tạo thiết bị trao đổi nhiệt ống nhiệt có cánh nhằm thu hồi nhiệt thải của lò dầu truyền nhiệt.

**2. THIẾT BỊ TRAO ĐỔI NHIỆT ỐNG NHIỆT**

Thiết bị trao đổi nhiệt ống nhiệt hay được dùng để tận dụng nhiệt thải (tận dụng khói thải từ lò hơi, tận dụng nhiệt lạnh của không khí trong phòng điều hòa thải ra ngoài,...). Phần lớn thiết bị trao đổi nhiệt ống nhiệt sử dụng ống nhiệt trọng trường bởi vì ống nhiệt trọng trường có khả năng tải nhiệt lớn và dễ chế tạo.



Hình 1. Thiết bị trao đổi nhiệt ống nhiệt

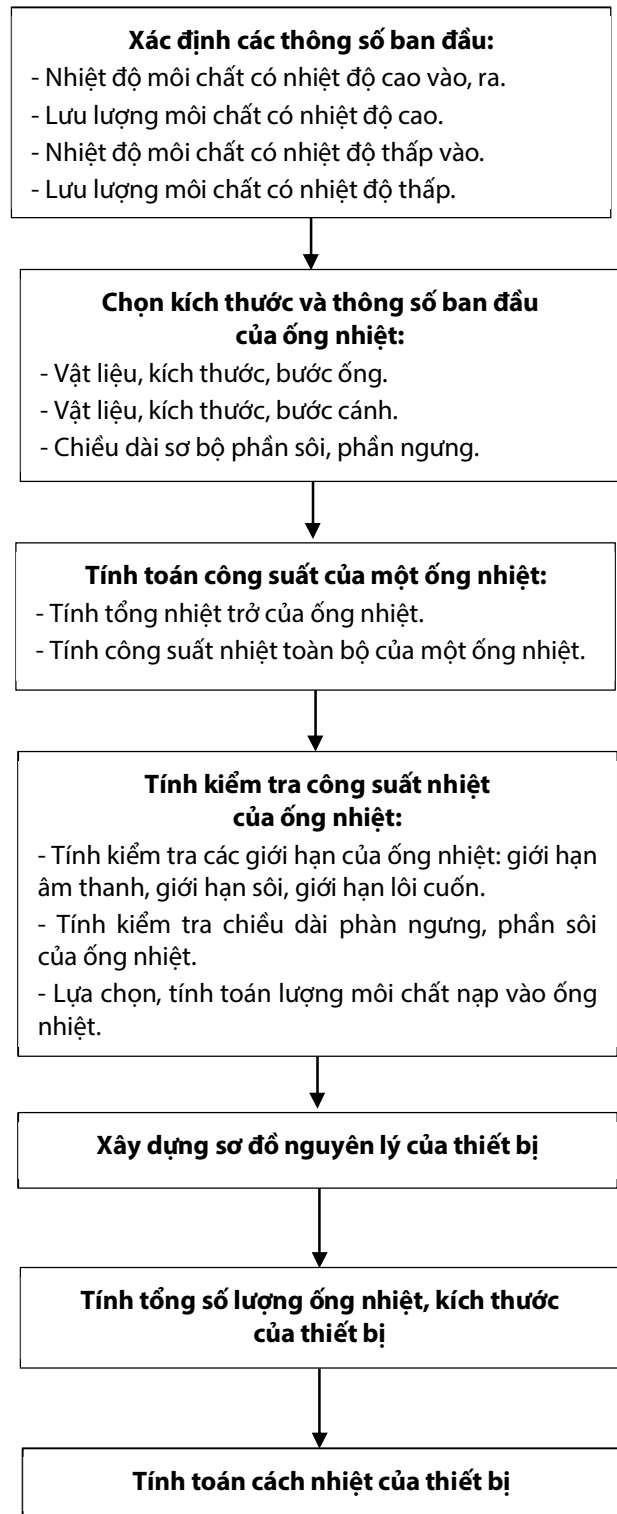
Thiết bị trao đổi nhiệt ống nhiệt (hình 1) là kiểu thiết bị trao đổi nhiệt bề mặt, có kích thước gọn và có các ưu điểm sau: không có bộ phận chuyển động, không cần năng lượng bổ sung, độ tin cậy cao; hai dòng môi chất nóng, lạnh được tách biệt bởi một vách ngăn nên không bị rò lọt hai môi chất vào nhau; khi một vài ống nhiệt bị hỏng, thiết bị vẫn hoạt động bình thường và ít ảnh hưởng đến việc truyền tải nhiệt.

Việc tính toán, thiết kế ống nhiệt nói chung và thiết bị trao đổi nhiệt ống nhiệt nói riêng được trình bày chi tiết trong các tài liệu tham khảo [4-10]. Các bước tính toán, thiết kế thiết bị trao đổi nhiệt ống nhiệt như hình 2.

**3. TÍNH TOÁN THIẾT BỊ TRAO ĐỔI NHIỆT ỐNG NHIỆT NHẪM THU HỒI NHIỆT THẢI CỦA Lò DẦU TRUYỀN NHIỆT**

Các thông số ban đầu của thiết bị như sau:

- Nhiệt độ môi chất có nhiệt độ cao vào (khói):  $t_1' = 350^{\circ}\text{C}$
- Nhiệt độ môi chất có nhiệt độ cao ra:  $t_1'' = 250^{\circ}\text{C}$
- Lưu lượng môi chất có nhiệt độ cao (khói):  $V_1 = 0,6\text{m}^3/\text{s}$
- Nhiệt độ môi chất có nhiệt độ thấp vào (không khí):  $t_2' = 30^{\circ}\text{C}$
- Lưu lượng môi chất có nhiệt độ thấp (không khí):  $V_2 = 0,6\text{m}^3/\text{s}$



Hình 2. Các bước tính toán, thiết kế thiết bị trao đổi nhiệt ống nhiệt

Ống nhiệt trọng trường có bề mặt nhẵn bên trong, môi chất nạp là không khí. Ta chọn kích thước và các thông số cơ bản của ống nhiệt như sau:

- + Vật liệu chế tạo ống nhiệt: Inox 304
- + Đường kính ngoài của ống:  $d_e = 27\text{mm}$
- + Đường kính trong của ống:  $d_i = 21\text{mm}$

- + Chiều dài phần sôi:  $L_s = 1000\text{mm}$
- + Chiều dài phần ngưng:  $L_n = 1000\text{mm}$
- + Vật liệu chế tạo cánh: Inox 304
- + Khoảng cách giữa các cánh,  $z = 9\text{mm}$
- + Chiều dày mỗi cánh,  $\delta_z = 1\text{mm}$
- + Đường kính cánh,  $d_z = 40\text{mm}$
- + Bước ống,  $S = 70\text{mm}$

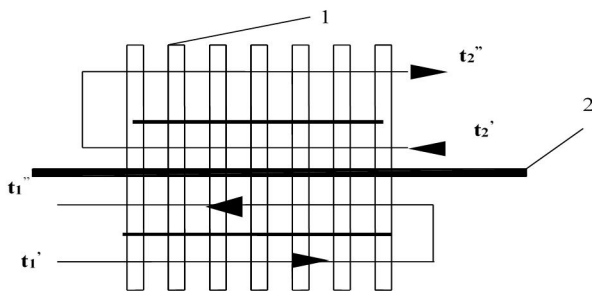
Nhóm tác giả tiến hành tính toán công suất thu được các kết quả như sau:

- Tổng nhiệt trở R:  $R = 0,3553^\circ\text{K/W}$
- Công suất nhiệt toàn bộ của một ống nhiệt:  $Q_a = 599,5\text{W}$

Để kiểm tra sự hoạt động của ống nhiệt trọng trường phải tính kiểm tra các công suất giới hạn (giới hạn âm thanh, giới hạn sôi, giới hạn lõi cuốn) của ống nhiệt. Trong các giới hạn này, đối với ống nhiệt trọng trường giới hạn lõi cuốn là nhỏ nhất, do vậy ta chỉ cần so sánh công suất nhiệt toàn bộ của một ống nhiệt với giới hạn lõi cuốn. Qua trình toán có giới hạn lõi cuốn  $Q_{c,max} = 9,244\text{kW}$ , ta thấy  $Q_a < Q_{c,max}$ , vậy ống nhiệt hoạt động an toàn. Đồng thời tính toán kiểm tra cho thấy, chiều dài phần sôi  $L_s = 1000$  (mm), phần ngưng  $L_n = 1000$  (mm) như lựa chọn ban đầu là hợp lý.

Môi chất nạp cho ống nhiệt là không khí, lựa chọn lượng nạp 50% thể tích phần sôi của ống nhiệt, vậy lượng môi chất nạp cho ống nhiệt là  $V_l = 173,1\text{ml}$ .

Xây dựng sơ đồ nguyên lý mô hình thiết bị, khối bố trí chuyển động cắt ngang ngang ống nhiệt 2 lần (2 pass) như hình 3.



Hình 3. Sơ đồ nguyên lý mô hình thiết bị

1 - Ống nhiệt; 2 - Vỏ ngăn

$t_1'$  - Nhiệt độ khí vào thiết bị

$t_1''$  - Nhiệt độ khí ra khỏi thiết bị

$t_2'$  - Nhiệt độ không khí vào thiết bị

$t_2''$  - Nhiệt độ không khí ra khỏi thiết bị

Trên cơ sở, các thông số đầu vào ta xác định được lượng nhiệt trao đổi của thiết bị là  $Q = 161\text{kW}$ . Do đó, số lượng ống nhiệt cần thiết của thiết bị là  $n = 161/0,5995 = 268,5$  ống. Ta chọn hệ số an toàn của công suất thiết bị là 1,05 khi đó tổng số lượng ống nhiệt trong thiết bị tận dụng nhiệt thải sử dụng ống nhiệt trọng trường là 282 ống.

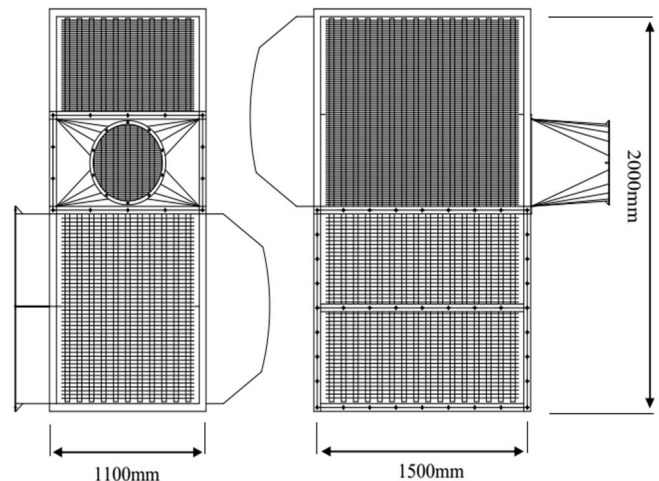
Theo cách bố trí, kích thước của thiết bị ta chọn tổng số lượng ống nhiệt là 285 ống được bố trí so le thành 19 hàng,

mỗi hàng có 15 ống. Như vậy, ta có tổng thể kích thước của thiết bị thu hồi nhiệt tải bằng ống nhiệt trọng trường chưa tính cách nhiệt là  $1500 \times 2000 \times 1100\text{mm}$  (rộng x cao x sâu).

Sau khi tính toán xong kích thước của thiết bị, ta tiến hành tính toán cách nhiệt cho thiết bị. Vỏ của thiết bị được chế tạo bằng thép C30, có chiều dày 6mm, lớp cách nhiệt sử dụng bông thủy tinh. Tính toán với bài toán truyền nhiệt qua vách phẳng, các thông số đã có ta xác định được chiều dày lớp bông thủy tinh là 74mm.

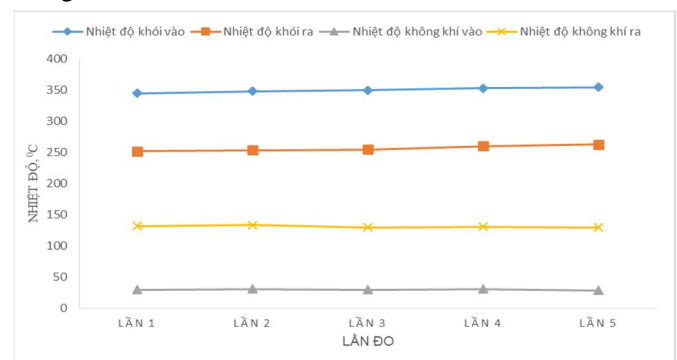
#### 4. CHẾ TẠO VÀ THỬ NGHIỆM

Nhóm tác giả tiến hành chế tạo thiết bị thu hồi nhiệt với vật liệu, kích thước, thông số đã tính toán ở phần 3 (hình 4).



Hình 4. Kích thước thiết bị thu hồi nhiệt

Sau đó, nhóm tác giả đã lắp đặt và đo các thông số thực tế làm việc của thiết bị. Kết quả thu được như thể hiện trong hình 5.



Hình 5. Kết quả thử nghiệm thực tế thiết bị thu hồi nhiệt

Từ hình 5 cho thấy, độ chênh lệch giữa nhiệt độ khí vào và ra, không khí vào và ra không ổn định. Có thể giải thích vấn đề này là do quá trình trao đổi giữa khí và không khí sẽ có một phần bị tổn thất nhiệt ra môi trường xung quanh hoặc thông số thực tế của khí và không khí tại các thời điểm đo không giống nhau.

#### 5. KẾT LUẬN

Trong bài báo này, nhóm tác giả đã nghiên cứu, tính toán thiết bị trao đổi nhiệt ống nhiệt trọng trường nhằm

thu hồi, tận dụng nhiệt thải. Một thiết bị trao đổi nhiệt ống nhiệt gồm 285 ống có cánh được bố trí so le thành 19 hàng, mỗi hàng có 15 ống, có chiều dài phần ngưng tụ và phần sôi đều là 1m, sử dụng môi chất là không khí đã được chế tạo thành công. Nhóm tác giả đã tiến hành thử nghiệm hoạt động của thiết bị tận dụng nhiệt từ khói thải của lò dầu truyền nhiệt và đã cho thấy thiết bị hoạt động ổn định, hiệu quả.

---

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Nguyễn Công Vinh, Hồ Trần Anh Ngọc, 2019. *Nghiên cứu chế tạo và thử nghiệm máy lạnh thu hồi nhiệt để cung cấp đồng thời nhiệt - lạnh*. Tạp chí Khoa học và công nghệ Đại học Đà Nẵng, vol. 17, no. 1.2, 2019, 70-74.
- [2]. Mã Phước Hoàng, 2015. *Nghiên cứu tận dụng nhiệt thải từ lò tráng bánh để sấy bánh tráng*. Tạp chí Khoa học và công nghệ Đại học Đà Nẵng số 01(86).
- [3]. Phan Hữu Thắng, 2016. *Nghiên cứu, thiết kế và chế tạo bộ sấy không khí hồi nhiệt kiểu quay trong lò hơi đốt than Nhà máy nhiệt điện*. Đề tài thuộc Chương trình "Nghiên cứu ứng dụng và phát triển cơ khí tự động hóa" - KC03/11-15, mã số 12729-2016.
- [4]. Bùi Hải, Trần Văn Vang, 2008. *Ống nhiệt và ứng dụng của ống nhiệt*. NXB Bách khoa.
- [5]. Faghri, A., 1995. *Heat pipe science and technology*. Taylor & Francis, Washington.
- [6]. Bùi Hải, Dương Đức Hồng, Hà Mạnh Thu, 2001. *Thiết bị trao đổi nhiệt*. NXB Khoa học và Kỹ thuật.
- [7]. Bùi Hải, 2002. *Tính toán thiết kế thiết bị trao đổi nhiệt*. NXB Giao thông vận tải.
- [8]. P. D. Dunn, D. A. Reay, 1994. *Heat pipes*. Pergamon.
- [9]. G. P. Peterson, 1994. *An introduction to heat pipes*. John Willey-sons, Inc.
- [10]. Andrews, A. Akabarzadeh, 1997. *Heat pipes Technology*. Pergamon.

---

#### AUTHORS INFORMATION

**Bui Manh Tu<sup>1</sup>, Dang Van Binh<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Electric Power University

<sup>2</sup>Hanoi University of Industry