

Kết quả tính toán, thiết kế và ứng dụng hệ thống đường ống dẫn vận chuyển tro bay cho nhà máy nhiệt điện đốt than Thái Bình 1

Nguyễn Hoàng Giang*, Nguyễn Chí Cường

Viện Nghiên cứu Cơ khí

**Email: giangnh.narime@gmail.com*

Tóm tắt: Lò hơi trong một nhà máy nhiệt điện đốt than sinh ra nhiệt năng và phụ phẩm tro (gồm có tro bay và xỉ đáy). Tro bay được gom bởi các phễu lọc bụi dọc theo đường khí thải của nhà máy. Sau đó tro được vận chuyển về silo chứa tro bay bằng đường ống dẫn. Để đường ống vận chuyển tro vận hành ổn định, nhiều thông số cần được đánh giá chính xác. Viện Nghiên cứu Cơ khí (Narime) đã tính toán, thiết kế, và cung cấp hệ thống đường ống vận chuyển tro bay (gồm 04 tuyến ống dẫn cho 02 lò hơi) cho nhà máy nhiệt điện đốt than Thái Bình 1. Hệ thống có năng suất vận chuyển tro đối với mỗi tuyến ống dẫn lên tới 26 t/h. Hiện tại, hệ thống hoạt động tốt, được chủ đầu tư đánh giá cao.

Calculation and design of the fly ash conveying system pipeline for Thai Binh 1 coal thermal power plant

Abstract: Boiler of a coal thermal power plant produces heat energy, and ash by-product (which includes fly ash, and bottom ash). Fly ash is collected by fly ash hoppers which are located along flue gas flow of the plant. Then fly ash is conveyed to fly ash silo by conveying pipelines. To make sure the conveying pipelines operate stable, there are a lot of parameters need to determine accurately. National Research Institute of Mechanical Engineering (Narime) has researched, calculated, designed, and supplied a conveying pipeline system (which includes 04 stream for 02 boiler) for Thai Binh 1 coal thermal power plant. The system has average conveying capacity of each stream up to 26 t/h. Currently, the system has worked fine, which is greatly appreciated from the investor.

1. Ứng dụng vận chuyển vật liệu rời bằng ống dẫn

Vận chuyển bằng đường ống dẫn là phương thức vận chuyển hàng hóa, hoặc nguyên liệu thông qua sử dụng tuyến ống dẫn. Ưu điểm của vận chuyển bằng đường ống dẫn là chi phí vận hành không đáng kể, không cần nhiều nhân lực cho quá trình vận hành, có thể vận hành liên tục 24/7 mà không phụ thuộc vào thời tiết, hao hụt thấp. Phương thức vận chuyển này được ứng dụng trong nhiều lĩnh vực công nghiệp, cho nhiều loại vật liệu khác nhau. Vật liệu được vận chuyển có thể ở dạng thể khí, dạng thể lỏng, hoặc ở dạng thể rắn. Khác với vận chuyển nguyên liệu ở thể khí, hoặc thể lỏng, khi vận chuyển vật liệu ở thể rắn cần thêm chất lưu (ở thể lỏng hoặc thể khí) làm chất mang. Chất rắn được vận chuyển ở dạng vật liệu rời (bulk material).

Trong nhà nhiệt điện đốt than, vận chuyển bằng đường ống dẫn được ứng dụng để vận chuyển tro xỉ thải ra từ lò hơi về đến nơi tập kết yêu cầu. Báo cáo này sẽ giới thiệu nội dung

tính toán, thiết kế hệ thống vận chuyển tro bằng ống dẫn từ các phễu gom tro dọc theo đường khí thải lò hơi về tới silo chứa tro thuộc nhà máy nhiệt điện đốt than Thái Bình 1. Nội dung của bài báo là kết quả thuộc đề tài nghiên cứu khoa học và phát triển công nghệ cấp Nhà nước “Nghiên cứu, thiết kế, chế tạo và đưa vào vận hành hệ thống thải tro xỉ đồng bộ cho nhà máy nhiệt điện đốt than phun có công suất tổ máy đến khoảng 600 MW”, mã số 03/HĐ-ĐT/KHCN, do Viện Nghiên cứu Cơ khí chủ trì thực hiện. Kết quả nghiên cứu của đề tài hiện đang ứng dụng tại nhà máy nhiệt điện đốt than Thái Bình 1, được chủ đầu tư đánh giá cao.

Phạm vi, giới hạn của báo cáo: phụ phẩm của lò hơi gồm xỉ rơi xuống đáy lò hơi, được gom và đưa ra khỏi không gian dưới đáy lò hơi bằng băng tải cào ngập nước, và các hạt tro bay theo đường khí thải của lò hơi. Trong phạm vi của báo cáo, nhóm tác giả chỉ giới thiệu các kết quả của đề tài 03/HĐ-ĐT/KHCN trong hoạt động liên quan tới thu, gom, vận chuyển tro bay, ứng dụng tại nhà máy nhiệt điện đốt than Thái Bình 1.

2. Tính toán, thiết kế

2.1. Cơ sở lý thuyết

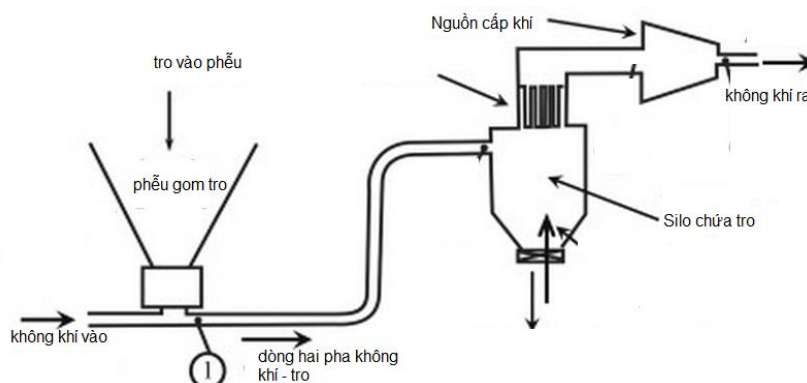
Bản chất của hoạt động vận chuyển tro bởi hệ thống ống dẫn là sử dụng dòng không khí chuyển động trong ống dẫn cuốn theo các hạt tro từ các phễu gom về tới silo chứa tro. Có 02 dạng hệ thống vận chuyển tro bằng dòng không khí cơ bản, là vận chuyển tro bằng dòng không khí áp suất dương, và vận chuyển tro bằng dòng không khí có áp suất âm (áp suất chân không).

Phương thức vận chuyển áp suất âm do có áp suất bên trong lòng ống dẫn nhỏ hơn áp suất khí quyển, nên vật liệu được vận chuyển tự động được nạp vào tuyến ống dẫn vận chuyển, còn phương thức vận chuyển áp suất dương cần thiết bị nạp vào lòng ống dẫn trong vận chuyển (máy cấp liệu trực vít, máy cấp liệu kiểu quay...). Hệ thống đường ống áp suất âm do áp suất bên trong hệ thống nhỏ hơn áp suất khí quyển nên trong trường hợp hệ thống bị rò, không khí bên ngoài sẽ bị hút vào trong hệ thống, thay vì phun bụi tro ra ngoài gây ô nhiễm môi trường. Do đó, phương thức vận chuyển bằng ống dẫn áp suất âm được ưu tiên chọn lựa cho các dự án nhiệt điện đốt than mới trong thời gian gần đây. Nhược điểm của phương thức vận chuyển bằng dòng không khí áp suất âm là không vận chuyển đi được xa (<200 m). Trong trường hợp vận chuyển tro xa hơn 200 m có thể thiết kế dạng hệ thống bước (stepped system), bằng cách sử dụng phễu gom tro trung gian.

Một hệ thống vận chuyển tro sử dụng dòng không khí áp suất âm điển hình được mô tả như hình 1. Hệ thống gồm các thiết bị chính sau: nguồn cấp chân không có chức năng cấp dòng không khí vận chuyển tro; bộ lọc bụi có chức năng tách các hạt tro ra khỏi dòng không khí mang; và đường ống dẫn nối các phễu gom tro với bộ lọc bụi. Ngoài ra còn có đường ống dẫn khí, có chức năng dẫn dòng không khí sạch từ bộ lọc bụi về tới nguồn cấp chân không, đi ra ngoài không khí.

Các thông số cần được chọn lựa, tính toán gồm có năng suất của nguồn cấp không khí Q (m^3/h), áp suất của hệ thống p_{ck} (bar); tổn thất áp suất Δp (bar); vận tốc dòng không khí vận chuyển vật liệu v (m/s), đường kính ống dẫn vận chuyển tro d (mm). Các công thức trên có thể chọn lựa theo sơ đồ, hoặc tính toán bằng các công thức thực nghiệm hoặc bán

thực nghiệm. Các nội dung tính toán hệ thống đường ống dẫn vận chuyển tro được thực hiện tham khảo từ nội dung của tài liệu [2].



Hình 1. Sơ đồ nguyên lý hệ thống vận chuyển sử dụng dòng không khí áp suất âm

Kết quả tính toán đã được các chuyên gia từ UCC (United Conveyor Corp), Hoa kỳ kiểm tra, đánh giá trước khi đưa vào áp dụng thực tế.

2.2. Mô tả hệ thống

Nhà máy nhiệt điện đốt than Thái Bình 1 có quy mô 2×300 MW, sử dụng 02 lò hơi đốt phun dưới tới hạn (sub-critical boiler), với nguyên liệu chính là than cám pha trộn 4HG, 5HG, và 6 HG khai thác tại các mỏ than tại khu vực Hồng Gai - Cẩm Phả - Uông Bí, tỉnh Quảng Ninh, Việt Nam. Mỗi lò hơi khi vận hành ở chế độ công suất lớn nhất ổn định trong một giờ tiêu thụ đến 152,4 tấn than, sinh ra phụ phẩm lên tới 62,5 tấn tro xỉ (Bảng 1).

Bảng 1. Than và tro xỉ tương ứng với 01 lò hơi

TT	Nội dung	Đơn vị	RO	BMCR
1	Khối lượng than tiêu thụ (than khô)	t/h	144,8	152,4
2	Lượng than tiêu hao tự nhiên	kg/kWh	0,430	0,430
3	Khối lượng tro sinh ra	t/h	47,2	49,7
4	Khối lượng xỉ sinh ra	t/h	11,87	12,5
5	Tổng khối lượng tro xỉ	t/h	59,1	62,5

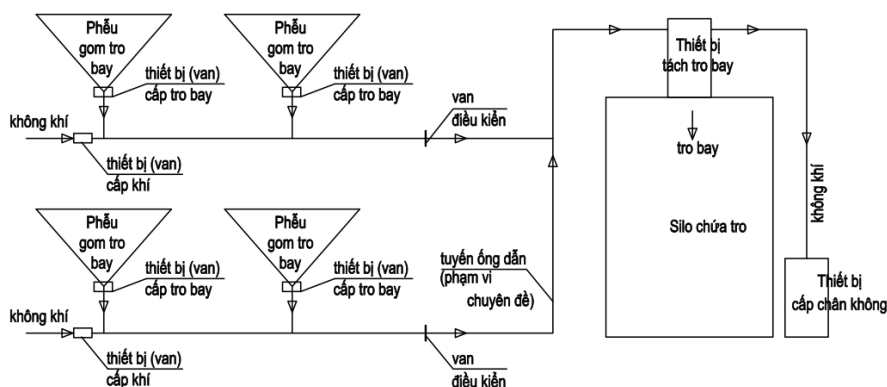
Khi lò hơi vận hành ở chế độ BMCR, trong một giờ sinh ra 62,5 tấn phụ phẩm tro theo tỷ lệ tro: xỉ là 80%: 20%, tương ứng với 49,7 tấn tro. Tro được gom lại bằng các phễu gom tro (phễu lọc bụi) đặt dọc theo đường khí thải của nhà máy, tại các khu vực ECO; APH; ESP (Bảng 2).

Hệ thống vận chuyển tro bằng đường ống dẫn do Viện Nghiên cứu Cơ khí tính toán, thiết kế và cung cấp, lắp đặt tại Nhà máy Nhiệt điện đốt than Thái Bình 1 gồm 04 tuyến ống dẫn tro (02 tuyến ống dẫn tro tương ứng với 01 lò hơi). Hệ thống có thông số như bảng 3 dưới. Trong một tuyến ống dẫn tro được mô tả như hình 2. Tro được dẫn từ các phễu gom

về đến thiết bị tách tro đặt bên trên silo chứa tro. Tro sẽ được tách khỏi dòng không khí, xả xuống silo chứa tro. Dòng không khí sau khi đi qua thiết bị tách tro được lọc thành không khí sạch về nguồn cấp khí rồi ra ngoài khí quyển.

Bảng 2. Đặc tính tro xỉ của Nhà máy Nhiệt điện đốt than Thái Bình 1

TT	Nội dung	Đơn vị	Giá trị	Ghi chú
1	Mật độ khối của tro xỉ	kg/m ³	720	
2	Đường kính phần tử tro d ₅₀	μm	< 20	
3	Tổng khối lượng tro xỉ	t/h	62,5	Tương ứng với 01 lò hơi
4	Tổng khối lượng tro Trong đó tại khu vực ECO: tại khu vực APH: tại khu vực ESP	t/h	49,7 2,5 2,5 44,7	Tương ứng với 01 lò hơi



Hình 2. Sơ đồ nguyên lý hệ thống ống dẫn vận chuyển tro

Bảng 3. Thông số của hệ thống đường ống dẫn vận chuyển tro

TT	Nội dung	Giá trị	Đơn vị	Ghi chú
1	Số lượng tuyến ống đường ống dẫn	04	t. ống	02 tuyến ống mỗi lò hơi
2	Năng suất vận chuyển tro của một tuyến ống dẫn	26	t/h	
3	Nhiệt độ trung bình trong ống dẫn	35	°C	
4	Vật liệu chế tạo ống dẫn: GX15-32			
5	Vị trí phễu gom tro xa nhất Dọc (ngang): Đứng:	135 30	m m	(so với nguồn cấp khí)
6	Vị trí phễu gom tro gần nhất Dọc: Đứng:	75 30	m m	

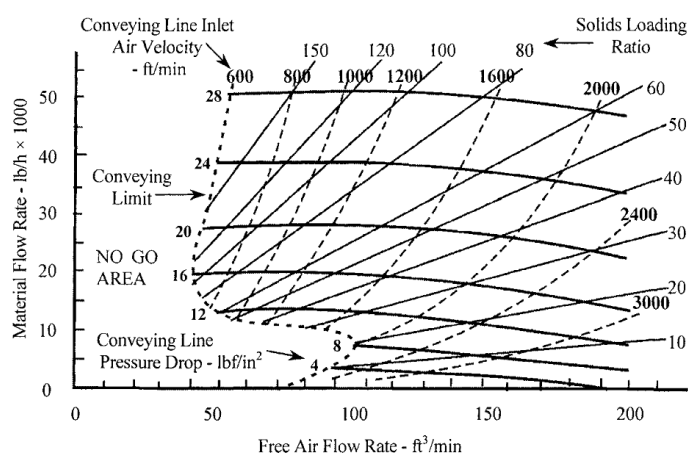
Số lượng tuyến ống dẫn vận chuyển tro tại Nhà máy Nhiệt điện Thái Bình 1 là 04 (đánh số 1A; 1B tương ứng với lò hơi số 1; 2A; 2B tương ứng với lò hơi số 2). Nhiệt độ trung bình trong lòng ống dẫn là 35°C. Tro là vật liệu có tính mài mòn cao nên chọn vật liệu chế tạo ống dẫn tro là GX15-32 hoặc tương đương (Bảng 3). Bảng 3 là các thông số đầu vào để tiến hành tính toán hệ thống ống dẫn vận chuyển tro tại mục 2.3.

2.3. Tính toán thiết kế

Nội dung tính toán hệ thống đường ống dẫn vận chuyển tro cho Nhà máy Nhiệt điện Thái Bình 1 được thực hiện bởi thành viên của Viện Nghiên cứu Cơ khí (Narime) dưới sự cố vấn của các chuyên gia đến từ UCC (United Conveyor Corp), Hoa Kỳ.

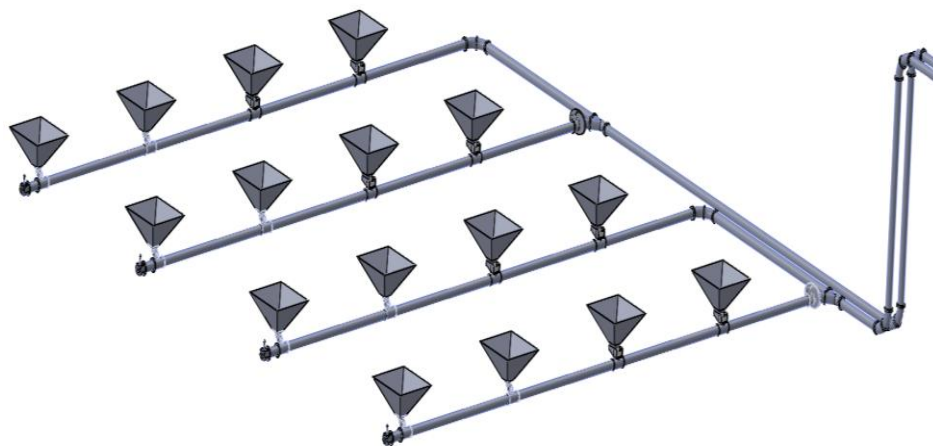
Mỗi lò hơi của Nhà máy Nhiệt điện đốt than Thái Bình 1 vận hành ở chế độ BMCR (boiler maximum continuous rating: lò hơi ở chế độ vận hành liên tục lớn nhất) trong một giờ sinh ra 44,7 tấn tro bay. Năng suất thiết kế chọn lựa cho hệ thống đường ống dẫn vận chuyển tro là 52 t/h, tương ứng với 02 tuyến ống dẫn tro, tương ứng với mỗi tuyến ống dẫn tro sẽ là 26 t/h.

Tro được vận chuyển ở dạng hỗn hợp loãng với dòng không khí nén (dilute flow) với tỉ lệ tải chất rắn của dòng không khí mang chọn $\phi = 10$. Để duy trì các hạt tro ở trạng thái huyền phù, lơ lửng giữa dòng không khí trong lòng ống dẫn, vận tốc của dòng không khí trong ống dẫn phải lớn hơn 8 m/s [1]. Chọn vận tốc dòng không khí mang $v = 10$ m/s. Áp suất chân trong lòng ống dẫn tro $p_{ck} = 0,461$ bar, áp suất lớn nhất $p_{max} = 0526$ bar, tổn thất áp suất (đối với phễu xa điểm gom nhất) $\Delta p = 0,065$ bar. Lưu lượng từ nguồn cấp khí $Q = 5500$ m³/h. Ống dẫn vận chuyển tro tính chọn có kích thước 250 NB – IS:1535, class D hoặc tương đương.

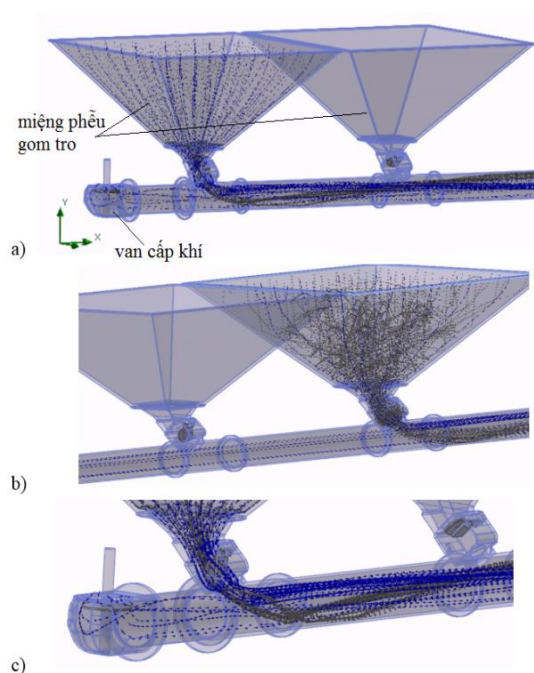


Hình 3. Đường đặc tính vận chuyển của tro bay [2]

Hệ thống đường ống dẫn tro do đề tài thiết kế đã được mô hình hóa trên máy tính và mô phỏng dòng chảy trong lòng ống dẫn bằng phần mềm Solidwork để xem xét sự thay đổi trạng thái của dòng hai pha khí – rắn trong lòng ống dẫn. Từ đó có những sửa đổi thiết kế phù hợp trước khi cung cấp hệ thống tới công trường (Hình 4 và 5).



Hình 4. Mô phỏng hệ thống gom tro do đề tài thực hiện [1]



Hình 5. Mô phỏng chuyển động của dòng hai pha khí – rắn của đề tài [1]

2.4. Ứng dụng

Hệ thống đường ống dẫn vận chuyển tro do Narime hợp tác với UCC (United Conveyor Corp), Hoa Kỳ tính toán thiết kế đã được ứng dụng vào hệ thống thải tro xỉ tại Nhà máy Nhiệt điện đốt than Thái Bình 1 tại huyện Mỹ Lộc, tỉnh Thái Bình. Hệ thống đã được vận hành thử nghiệm và chính thức đi vào hoạt động từ tháng 4/2018. Tính đến hiện tại (tháng 4/2021), hệ thống luôn vận hành ổn định, tin cậy, được EVN đánh giá cao.



Hình 6. Hệ thống ống dẫn vận chuyển tro tại Nhà máy Nhiệt điện Thái Bình 1 do Narime hợp tác với UCC – Hoa Kỳ cung cấp

3. Kết luận

Ứng dụng thành công kết quả tính toán, thiết kế hệ thống đường ống dẫn vận chuyển tro tại Nhà máy Nhiệt điện Thái Bình 1 góp phần khẳng định thành công của nội địa hóa thiết bị nhà máy nhiệt điện theo định hướng của Chính phủ, từng bước vươn lên làm chủ trong công tác tính toán, thiết kế, cung cấp thiết bị phụ trợ cho nhà máy nhiệt điện đốt than, hướng tới phát triển bền vững, giảm phụ thuộc vào bên ngoài.

Tài liệu tham khảo

- [1] Nguyễn Chí Cường cùng các cộng sự (2016). “Các báo cáo thuộc đề tài Nghiên cứu, thiết kế, chế tạo và đưa vào vận hành hệ thống thải tro xỉ đồng bộ cho nhà máy nhiệt điện đốt than phun có công suất tổ máy đến khoảng 600 MW”. *Viện Nghiên cứu Cơ khí*, Hà Nội, Việt Nam.
- [2] David Mills, Mark G. Jones, Vijay K. Agarwal (1981). “Handbook of Pneumatic Conveying Engineering”. *Marcel Dekker Inc, New York, United States*, 2004.
- [3] Bureau of Indian Standard, IS 1536-2001: Centrifugally Cast (Spun) ion Pressure Pipes for Water, Gas, and Sewage, Delhi, Indian, 2001.