BỘ CÔNG THƯƠNG

EMBASSY OF DENMARK
Hanoi

Danish Energy Agency

CẨM NANG CÔNG NGHỆ

LÒ HƠI TIẾT KIỆM NĂNG LƯỢNG TRONG LĨNH VỰC CÔNG NGHIỆP TẠI VIỆT NAM

Hà Nội, 2025

CẨM NANG CÔNG NGHỆ
LÒ HƠI TIẾT KIỆM NĂNG LƯỢNG
TRONG LĨNH VỰC CÔNG NGHIỆP
TẠI VIỆT NAM

Tài liệu được xây dựng với sự hợp tác của:

Cục Đổi mới sáng tạo, Chuyển đổi xanh và Khuyến công, Bộ Công Thương

Cục Năng lượng Đan Mạch

Viegand Maagøe

LỜI CẢM ƠN

Cẩm nang công nghệ Lò hơi tiết kiệm năng lượng trong lĩnh vực công nghiệp tại Việt Nam là tài liệu được xây dựng trong khuôn khổ Hợp phần 3 - Phát triển carbon thấp trong ngành công nghiệp của Chương trình Hợp tác Đối tác Năng lượng Việt Nam – Đan Mạch giai đoạn 2020-2025 (DEPP3). Tài liệu do Cục Đổi mới sáng tạo, Chuyển đổi xanh và Khuyến công, Bộ Công Thương phối hợp với Cục Năng lượng Đan Mạch thực hiện, với sự hỗ trợ của Đại sứ quán Đan Mạch tại Hà Nội.

Bản quyền

Nội dung thông tin trong tài liệu này có thể được tự do sử dụng, chia sẻ hoặc tái bản, nhưng phải trích dẫn đầy đủ nguồn thông tin, trừ trường hợp có quy định khác. Các trích dẫn (tiếng Việt) cần được ghi chú như sau: *Cục Đổi mới sáng tạo, Chuyển đổi xanh và Khuyến công (Bộ Công Thương) & Cục Năng lượng Đan Mạch: Cẩm nang công nghệ Lò hơi tiết kiệm năng lượng trong lĩnh vực công nghiệp tại Việt Nam*.

Liên hệ

Cục Đổi mới sáng tạo, Chuyển đổi xanh và Khuyến công, Bộ Công Thương

Địa chỉ: 54 Hai Bà Trưng, Phường Cửa Nam, Hà Nội

MỤC ĐÍCH VÀ NỘI DUNG CỦA CẨM NANG

Mục đích tổng thể của Cẩm nang này là mô tả các giải pháp và biện pháp cần xem xét khi lập kế hoạch và mua lò hơi công nghiệp mới hoặc khi lập kế hoạch cải tạo hệ thống lò hơi và cung cấp nhiệt hiện có.

Cẩm nang được xây dựng nhằm cung cấp thông tin sâu rộng về các khía cạnh liên quan đến hiệu quả sử dụng năng lượng của hệ thống lò hơi công nghiệp trong bối cảnh hệ thống cung cấp nhiệt, chẳng hạn như nhu cầu nhiệt, tổn thất hệ thống phân phối và xử lý nước cấp.

Tài liệu cũng mô tả quy trình được đề xuất nhằm giải quyết những câu hỏi này, để tìm hiểu chi tiết về cách giảm TCO (Tổng chi phí sở hữu).

Cuối cùng, khía cạnh giảm phát thải CO_2 cũng được tính đến do ngày càng có nhiều khách hàng quốc tế đặt ra yêu cầu trung hòa các-bon đối với phát thải Phạm vi 1 và Phạm vi 2. Do đó, việc loại bỏ than và giảm sử dụng lò hơi dùng nhiên liệu hóa thạch khác sẽ là một câu hỏi chiến lược quan trọng đối với nhiều công ty Việt Nam trong tương lai gần.

Cẩm nang bao gồm các nội dung sau:

- Phần 1: Nâng cao hiệu quả sử dụng năng lượng của lò hơi công nghiệp
- Phần 2: Lựa chọn và trang bị lò hơi mới
- Phần 3: Mua sắm và lắp đặt lò hơi mới

Thông tin chi tiết hơn được cung cấp trong phần phụ lục của Cẩm nang:

- Phụ lục 1: Danh mục kiểm tra về sử dụng năng lượng hiệu quả trong hệ thống lò hơi đốt dầu và đốt khí
- Phụ lục 2: Danh mục kiểm tra về sử dụng năng lượng hiệu quả trong hệ thống lò hơi đốt nhiên liệu rắn
- Phụ lục 3: Một số nhà cung cấp lò hơi đốt dầu và đốt khí trong nước và quốc tế
- Phụ lục 4: Một số nhà cung cấp lò hơi đốt nhiên liệu rắn (sinh khối) trong nước và quốc tế

Cẩm nang trình bày một số ví dụ về cải tạo lò hơi cũng như bài toán kinh tế khi thay thế các lò hơi sử dụng nhiên liệu hóa thạch cũ, kém hiệu quả bằng các lò hơi sử dụng nhiên liệu rắn mới, hiệu suất cao.

MỤC LỤC

MỤC ĐÍCH VÀ NỘI DUNG CỦA CẨM NANG 1

1 Nâng cao hiệu quả sử dụng năng lượng của lò hơi 4

1.1 Cải thiện chất lượng nhiên liệu 4

1.2 Kiểm soát quá trình đốt cháy để đạt hiệu quả cao hơn 5

1.3 Lắp thêm ghi lò trong lò hơi 7

1.4 Chuyển từ cấp liệu thủ công sang cấp liệu liên tục 7

1.5 Tận dụng nhiệt trong khí thải 7

1.6 Tiêu chuẩn bảo ôn đảm bảo an toàn và tiết kiệm năng lượng 11

1.7 Giảm vận hành non tải 12

1.8 Giảm tổn thất trong thiết bị khử khí 13

1.9 Hệ thống thu hồi nước ngưng 13

1.10 Giảm thất thoát từ bẫy hơi và thông hơi 14

1.11 Cải thiện chất lượng và hiệu suất nước cấp, ngăn ngừa ăn mòn 15

1.12 Giảm tổn thất nhiệt do xả đáy 16

1.13 Danh mục kiểm tra các biện pháp tiết kiệm năng lượng 16

2 Lựa chọn và trang bị lò hơi mới 17

2.1 Lò hơi đốt nhiên liệu rắn hay dầu/khí? 17

2.2 Than hay sinh khối? 17

2.3 Lò hơi đốt dầu và khí 18

2.4 Đặc điểm của các loại lò hơi đốt nhiên liệu rắn - sinh khối 20

2.5 Giải pháp lò hơi kết hợp (than và sinh khối) 25

2.6 Đặc điểm thiết kế lò hơi 27

2.7 Lò hơi điện 32

3 Quy trình mua sắm lò hơi 36

3.1 Giai đoạn tiền khả thi 36

3.2 Giai đoạn khả thi 39

3.3 Giai đoạn đấu thầu 40

3.4 Giai đoạn ký hợp đồng 43

3.5 Các giai đoạn sau của dự án 43

Phụ lục 1 Danh mục kiểm tra về sử dụng năng lượng hiệu quả trong hệ thống lò hơi đốt dầu và đốt khí 44

Phụ lục 2 Danh mục kiểm tra về sử dụng năng lượng hiệu quả trong hệ thống lò hơi đốt nhiên liệu rắn 49

Phụ lục 3 Một số nhà cung cấp lò hơi đốt dầu và đốt khí trong nước và quốc tế 57

Phụ lục 4 Một số nhà cung cấp lò hơi đốt nhiên liệu rắn trong nước và quốc tế 60

1. Nâng cao hiệu quả sử dụng năng lượng của lò hơi công nghiệp

Mặc dù hệ thống lò hơi có thể được thiết kế để đạt hiệu suất rất cao nhưng thường có tổn thất đáng kể trong quá trình vận hành và hiệu suất tổng thể của lò hơi và hệ thống gia nhiệt có thể rất thấp.

Bảng 1 dưới đây trình bày các giá trị thiết kế điển hình về hiệu suất của lò hơi công nghiệp mới cùng với hiệu suất trên thực tế.

Ví dụ về hệ thống lò hơi và hệ thống gia nhiệt	Mục tiêu về hiệu suất của hệ thống mới theo thiết kế	Hiệu suất thực tế của các hệ thống hiện hữu
Lò hơi nước nóng sử dụng khí tự nhiên	100% (với cấu phần nước ngưng)	80 – 92%
Lò hơi sử dụng than	95%	60 – 88%
Lò hơi sử dụng sinh khối	95%	50 – 86%

Bảng 1. Ví dụ về hiệu suất theo thông lệ tốt nhất và hiệu suất thực tế của hệ thống gia nhiệt công nghiệp

Phần dưới đây mô tả các biện pháp ảnh hưởng đến hiệu suất của lò hơi.

1.1 Cải thiện chất lượng nhiên liệu

Đối với lò hơi đốt sinh khối và than, nhiên liệu không đốt cháy hoàn toàn có thể làm giảm hiệu suất nếu quá trình đốt cháy không được kiểm soát đúng cách hoặc nếu chất lượng nhiên liệu có sự biến động lớn.

Chất lượng nhiên liệu có thể thay đổi khi:

- Nhiên liệu bao gồm các loại vật liệu có kích thước khác nhau
- Nhiên liệu có độ ẩm khác nhau
- Nhiên liệu bị lẫn đất, v.v.

Tổn thất do nhiên liệu không đốt cháy có thể lên tới 10% đối với nhiên liệu có vấn đề. Đối với lò hơi đốt dầu và khí, nhiên liệu không đốt cháy thường không phải là vấn đề, nhưng trong một số trường hợp, quá trình này có thể sản sinh ra nhiều muội do quá trình đốt cháy được kiểm soát không hiệu quả, vui lòng tham khảo phần bên dưới.

Chênh lệch độ ẩm so với điều kiện thiết kế	
Thông lệ tốt nhất:	0% – điểm
Bình thường:	0 – 10% điểm
Yêu cầu hành động:	15 – 20% điểm

Bảng 2. Dữ liệu hướng dẫn về độ ẩm trong sinh khối

1.2 Kiểm soát quá trình đốt cháy để đạt hiệu quả cao hơn

Nếu quá trình đốt cháy trong lò hơi không được kiểm soát đúng cách thì sẽ có nguy cơ tăng sinh muội than và giảm hiệu suất – cả do bề mặt bị tắc nghẽn và do lượng oxy dư thừa trong khí thải từ lò hơi.

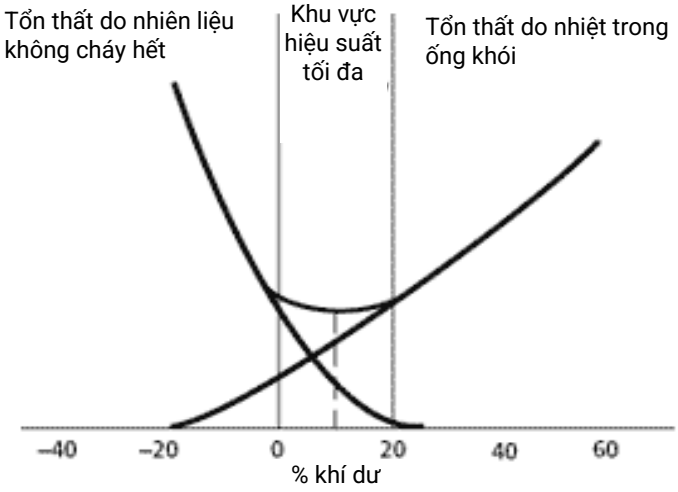
Đặc biệt là các lò hơi nạp nhiên liệu thủ công phải đối mặt với sự thay đổi thường xuyên về lượng oxy dư thừa, cấp liệu không đều và khả năng cấp khí qua cửa nạp nhiên liệu biến động.

Hình 1. Ví dụ về lò hơi cấp liệu thủ công.

Lượng oxy dư thừa trong khí thải là cần thiết để đảm bảo quá trình đốt cháy tốt nhưng mức dư thừa không được quá cao. Mức oxy cao làm tăng tổn thất nhiệt trong ống khói và mức oxy thấp sẽ làm tăng tổn thất nhiên liệu.

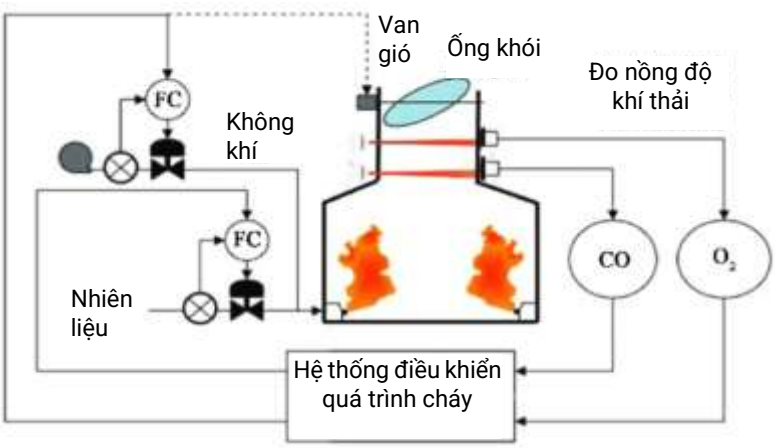
Nhìn chung, hệ thống kiểm soát O_2/CO_2 liên tục sẽ kiểm soát quá trình đốt cháy đúng cách và giúp tăng hiệu suất lò hơi lên tới 0,5% khi lượng O_2 dư thừa giảm đi 1%.[1]

Hình 2 dưới đây thể hiện nguyên tắc kiểm soát O_2.



Hình 2. Tổn thất xảy ra do không kiểm soát oxy phù hợp.

Công nghệ tốt nhất hiện có để kiểm soát quá trình đốt cháy là hệ thống điều khiển kết hợp để kiểm soát O_2/CO, theo dõi và điều chỉnh hỗn hợp khí và O_2 liên tục và tức thời theo tỷ lệ phần trăm O_2/CO hiện có trong buồng trộn đầu đốt.



Hình 3. Nguyên lý kiểm soát oxy.

[1]CED Engineering, https://www.cedengineering.com/userfiles/Improving%20Energy%20Efficiency%20Boilers%20R1.pdf

Đầu đo O_2 và CO và cảm biến nhiệt độ trong ống khói cung cấp thông tin cho một mô-đun trong hệ thống điều khiển để tính toán các điểm đặt gửi tới bộ điều chỉnh nhiên liệu và không khí. Thông thường, hệ thống kiểm soát oxy vận hành với các thông số được cài đặt sẵn về nhiên liệu và thể tích O_2 ở mỗi bước tải. Các thông số này được thiết lập trong quá trình vận hành thử.

Nhiên liệu	Hàm lượng oxy nên có trong khí thải (thể tích-%)
Dầu	1-3%
Khí	1-3%
Sinh khối	3-6%

Bảng 3. Giá trị thiết kế hàm lượng oxy trong khí thải của các loại nhiên liệu khác nhau

Trong các ứng dụng khác có quy trình đốt trực tiếp như tháp phun hoặc lò sấy, lợi ích từ hệ thống kiểm soát kết hợp O_2/CO cũng tương tự như đối với lò hơi.

1.3 Lắp thêm ghi lò trong lò hơi

Nhiều lò hơi đốt nhiên liệu rắn không được trang bị ghi lò. Nhiên liệu được đặt trực tiếp dưới đáy lò hơi với điều kiện khó hòa trộn không khí cháy với nhiên liệu. Do đó, lò hơi cần vận hành với mức không khí dư rất cao để duy trì tỷ lệ CO ở mức chấp nhận được.

Tuy nhiên, việc nâng cấp các lò hơi hiện hữu là rất khó khăn. Trong một số trường hợp, ghi tĩnh có thể được cải tạo. Thông thường, trong mọi trường hợp, cần cân nhắc lò hơi mới và tiếp theo là xem xét ghi xích.

1.4 Chuyển từ cấp liệu thủ công sang cấp liệu liên tục

Nên chuyển từ lò hơi cấp liệu thủ công sang cấp liệu tự động, ví dụ sử dụng thiết bị cấp liệu. Nhiên liệu phải được xử lý sao cho có thể đảm bảo sự đồng nhất để đi qua bộ cấp liệu. Nhiên liệu đồng đều hơn sẽ làm tăng hiệu suất đốt cháy.

Điều này có thể được thực hiện bằng cách sử dụng dăm gỗ thay vì củi hoặc gỗ thải với kích cỡ và hình dạng khác nhau.

1.5 Tận dụng nhiệt trong khí thải

Thông thường, nhiệt độ của khí thải từ lò hơi trong ống khói có thể ở mức cao, dẫn đến tổn thất đáng kể. Có thể cải thiện lên tới 1% hiệu suất đối với mỗi lần giảm 20°C nhiệt độ

của khí thải[2]. Với quá trình ngưng tụ khí thải, hiệu suất có thể được cải thiện thêm tới 8%[3]. Bảng 4 dưới đây tóm tắt dữ liệu điển hình về nhiệt độ khí thải.

Nhiệt độ khí thải càng thấp càng tốt	
Nhiệt độ khí thải:	
Thông lệ tốt nhất	80°C
Bình thường	120°C
Cần hành động	150°C

Bảng 4. Các giá trị tham khảo về nhiệt độ khí thải

Theo thông lệ tốt nhất, cần ngưng tụ khí thải, điều này sẽ gây khó khăn với một số nhiên liệu do hàm lượng axit trong khí nhưng có thể được giải quyết bằng cách sử dụng vật liệu tốt hơn trong bộ trao đổi nhiệt. Khi lắp đặt bộ trao đổi nhiệt cho các lò hơi hiện hữu, toàn bộ hệ thống khí thải, bao gồm ống khói, phải được kiểm tra về hàm lượng axit trong khí thải.[4]

1.5.1 Lập bản đồ các lưu lượng chất lỏng, khí có thể được gia nhiệt bằng nhiệt khí thải

Khí thải nóng thường được tận dụng để gia nhiệt sơ bộ nước cấp lò hơi cũng như không khí đốt. Nhưng có thể có những nhu cầu nhiệt khác trong cơ sở sản xuất có thể được đáp ứng một phần bằng nhiệt khí thải.

Để tìm phương án sử dụng nhiệt khí thải tối ưu, cần xác định các lưu lượng chất lỏng, khí cần được gia nhiệt theo bảng dưới đây.

Chất lưu	Nhiệt độ đầu vào °C	Nhiệt độ đầu ra tối đa °C	Dòng công suất MW[5]	Nóng/lạnh
Khí thải				Nóng
Nước cấp				Lạnh

[2]Cẩm nang công nghệ tốt nhất hiện có trong lĩnh vực hiệu quả năng lượng (BREF) (tháng 2/ 2009), phần 3.1.1.1

[3]Cẩm nang dữ liệu công nghệ về điện và cấp nhiệt khu vực, Cục Năng lượng Đan Mạch, Chương 44

[4]Xem thêm TCVN 8630:2019: Nồi hơi - Hiệu suất năng lượng và phương pháp xác định.

[5]Trong Cẩm nang này, đơn vị công suất "MW" được sử dụng – hoặc cũng có thể là "MJ/s"

Chất lưu	Nhiệt độ đầu vào °C	Nhiệt độ đầu ra tối đa °C	Dòng công suất MW[5]	Nóng/lạnh
Không khí đốt				Lạnh
Nước từ quá trình				Lạnh
.....				

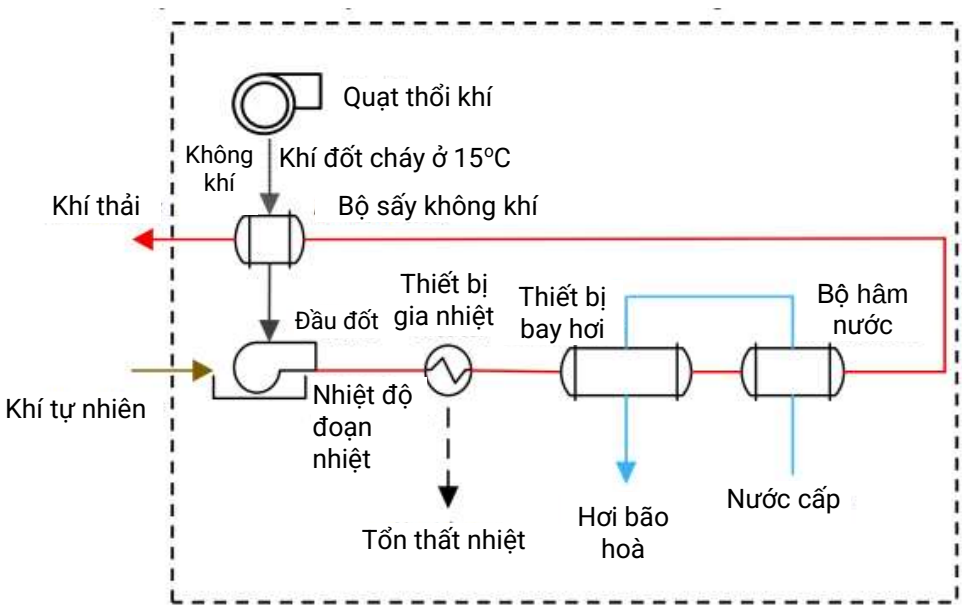
Bảng 5. Ví dụ về thu thập dữ liệu về nhu cầu gia nhiệt ở nhiệt độ thấp

Từ hoạt động lập bản đồ này, có thể xác định dòng lưu lượng "lạnh" (dòng cần được gia nhiệt) có thể được gia nhiệt bằng cách sử dụng nhiệt khí thải.

Để tận dụng tối đa nhiệt của khí thải, chênh lệch nhiệt độ giữa khí thải nóng và chất lưu được gia nhiệt phải càng nhỏ càng tốt.

1.5.2 Lắp thêm bộ hâm nước

Hình 4 minh họa các cấu phần chính trong một quá trình làm mát hiệu quả sử dụng khí thải lò hơi với bộ sấy không khí và bộ hâm nước để gia nhiệt nước cấp cho lò hơi.



Hình 4. Các cấu phần chính trong quá trình tận dụng khí thải hiệu quả.

Hiệu suất của bộ hâm nước phụ thuộc vào mức độ thiết bị này có thể giảm nhiệt độ khí thải. Nhiệt độ thấp nhất có thể phụ thuộc vào nhiệt độ cần thiết để gia nhiệt chất lưu trong quy trình công nghiệp hoặc nước cấp cũng như dòng công suất.

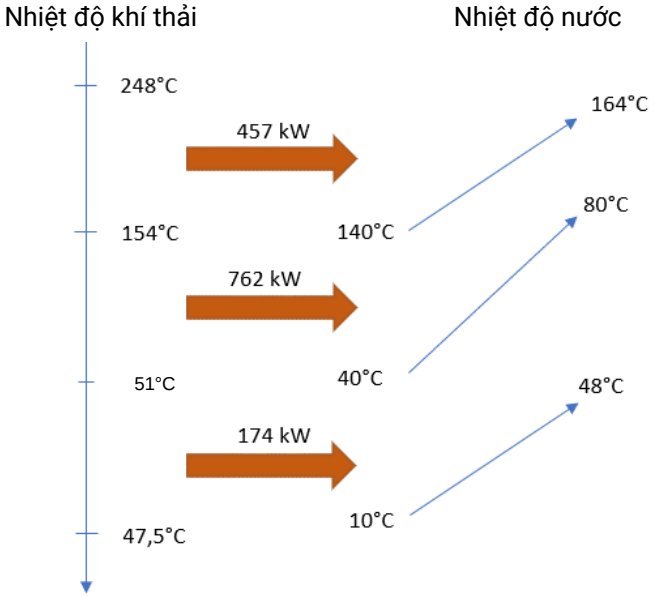
Thông thường, giải pháp lắp đặt bộ sấy không khí của lò hơi cũng khả thi. Tùy thuộc vào nhiên liệu và hàm lượng nhiên liệu, điểm sương axit của khí thải có thể hạn chế mức giảm nhiệt độ khí thải. Trong trường hợp đốt dầu, nồng độ lưu huỳnh cao có thể thiết lập giới hạn nhiệt độ khí thải thấp hơn là 150°C. Đối với lò hơi đốt khí, nhiệt độ khí thải không được vượt quá 50°C.

Điều này có thể dẫn đến những hạn chế về mức độ làm mát khí thải của bộ hâm nước.

Điểm sương axit có thể được tính toán bằng cách sử dụng tài liệu tham khảo này[6]. Đối với lò hơi đốt khí, thiết kế thường phải đảm bảo nhiệt độ khí thải dưới 50°C. Đối với lò hơi đốt dầu, ống khói phải được làm bằng vật liệu chống ăn mòn phù hợp và nước ngưng tụ phải được xử lý đúng cách về mặt môi trường.

1.5.3 Ví dụ về sử dụng bộ sấy không khí và bộ hâm nước

Một cơ sở vận hành lò hơi có công suất 20 MW. Nhiệt độ khí thải sau lò hơi là 248°C. Nhà máy cần hơi nước ở áp suất 16 bar và nước nóng ở 80°C. Để thu hồi nhiệt khí thải nhiều nhất có thể, nhiệt khí thải được thu hồi theo ba bước như trong hình 5 bên dưới. Sau ba bước, nhiệt độ khí thải giảm xuống còn 47,5°C.



Hình 5. Ví dụ về thiết kế bộ hâm nước.

[6] Cách tính Điểm sương axit (ADP) của khí thải (heatmatrixgroup.com)

Kết quả là 1.393 kW nhiệt lượng được thu vào bộ hâm nước, giải pháp này làm tăng hiệu suất lò hơi từ 90,3% lên 97,1%.

1.5.4 Thu hồi nhiệt ẩm từ khí thải

Có thể thu hồi thêm năng lượng nếu lò hơi có thể làm ngưng tụ nước trong khí thải. Quá trình ngưng tụ cần có một bộ tản nhiệt ở nhiệt độ đủ thấp để có thể tận dụng lượng nhiệt này. Ngoài không khí đốt cháy, có thể có nước lạnh trong quy trình công nghiệp và các loại khác.

Nếu khí thải nóng được sử dụng để gia nhiệt không khí đốt cháy thì có thể tăng hiệu suất do có được nhiệt độ cao hơn trong quá trình đốt. Hiệu suất có thể tăng lên tới 5%[7].

Như mô tả trong Hình 5, các mức nhiệt độ phụ thuộc vào việc sử dụng nguồn năng lượng nhiệt độ thấp như thế nào sao cho đạt hiệu quả cao nhất. Thông thường, quá trình gia nhiệt sẽ nâng nhiệt độ không khí đốt lên 70 - 100 ^{o}C.

1.6 Tiêu chuẩn bảo ôn đảm bảo an toàn và tiết kiệm năng lượng

Lò hơi thường được lắp đặt kèm theo vật liệu bảo ôn, nhưng lớp bảo ôn hay bị xuống cấp theo thời gian do không được bảo trì, v.v.

Tổn thất xảy ra do thiếu lớp bảo ôn trong hệ thống lò hơi (bao gồm van, ống dẫn, đường ống, v.v.) có thể lên tới 10% tổng tải nhiệt.

1.6.1 Đảm bảo hệ thống lò hơi được bảo ôn tốt

Tất cả các thiết bị có nhiệt độ cao hơn 50°C phải được bảo ôn để làm giảm nhiệt độ bề mặt của lớp bảo ôn xuống 40°C hoặc thấp hơn. Lò hơi, bộ hâm nước, bộ sấy không khí và các thiết bị lớn khác cũng như đường ống và vòng bi được ưu tiên hàng đầu, tiếp theo là bộ chia hơi, van, bẫy hơi và các vật liệu khác.

Mức độ cải thiện hiệu quả sử dụng năng lượng của biện pháp này có sự khác biệt lớn tùy thuộc vào mức độ bảo ôn hiện có,[8] v.v. Tổn thất do có bề mặt lớn bị nóng và không được bảo ôn có thể lên tới 10%[9]. Vui lòng tham khảo tài liệu trên về phương pháp tính tổn thất nhiệt đối với bề mặt nóng.

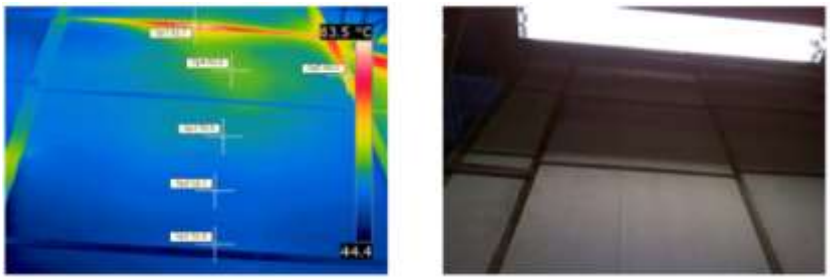
[7] Cẩm nang công nghệ tốt nhất hiện có trong lĩnh vực hiệu quả năng lượng (tháng 2/2009), phần 3.1.1.1 và 3.2.5

[8] https://prod-drupal-files.storage.googleapis.com/documents/resource/public/ASEAN-LCEP-Energy-efficiency-guidance-report-boilers-and-heat-distribution.pdf

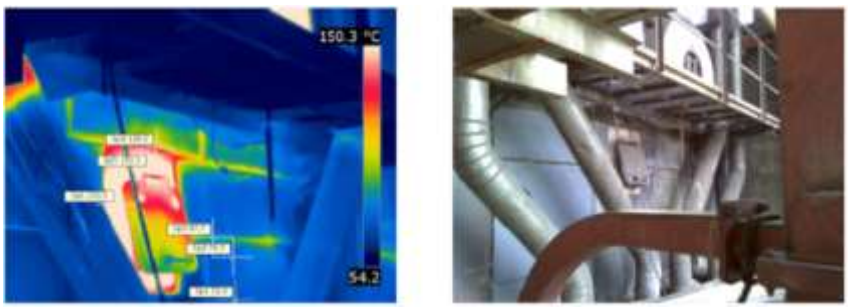
[9] Giảm tổn thất nhiệt bề mặt trong lò hơi, https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/chem-2022-0241/html

1.6.2 Ví dụ về biện pháp cải thiện bảo ôn lò hơi

Một công ty có hai lò hơi công suất 40MW đốt gasoil đã hoạt động được 20 năm. Công ty đã tiến hành đánh giá nhiệt độ. Kết quả đánh giá cho thấy nhìn chung nhiều khu vực có nhiệt độ bề mặt trên tấm ốp quá cao:



Đặc biệt là xung quanh các nắp, điểm vào và thiết bị đo có nhiệt độ rất cao:



Hình 6. Hình ảnh tổn thất nhiệt trong hệ thống lò hơi.

Sau khi thay lớp bảo ôn, tổn thất bức xạ giảm 1.500 MWh mỗi năm tương đương với tổng mức tiêu thụ nhiên liệu giảm gần 1%. Nói cách khác, tổng hiệu suất lò hơi đã tăng 1%. Ngoài ra, môi trường làm việc trong buồng lò hơi đã được cải thiện do nhiệt độ thấp hơn đáng kể.

1.7 Giảm vận hành non tải

Trước hết lò hơi phải được vận hành ở một điểm vận hành cho phép điều chỉnh hiệu quả và đảm bảo hiệu suất cao. Lò hơi phải được thiết kế có tính đến khả năng vận hành hiệu quả ở các mức non tải khác nhau nếu mức tiêu thụ đạt đỉnh. Lò hơi luôn vận hành ở mức tải thấp sẽ có tổn thất do bức xạ và đối lưu cao hơn khá nhiều.

Ngoài ra, mức tải biến động có thể dẫn đến quá trình đốt cháy không ổn định, tạo ra muội, làm tắc nghẽn bộ hâm nước và giảm hiệu quả truyền nhiệt.

1.7.1 Sử dụng biến tần điều khiển quạt thổi

Vận hành lò hơi sản xuất hơi nước hoặc nước nóng ở chế độ non tải cần lượng khí đốt ít hơn và do đó tốc độ quạt thấp hơn so với vận hành đầy tải. Khi bộ truyền động điện không được trang bị biến tần (VSD), lượng không khí hút vào được điều chỉnh bằng van gió. Trường hợp bộ truyền động cho quạt thổi khí được trang bị bộ biến tần, tốc độ của bộ truyền động có thể được điều chỉnh theo nhu cầu tải của lò hơi. Như vậy, bộ biến tần giúp tiết kiệm năng lượng điện so với việc điều chỉnh bằng van gió.

1.7.2 Sử dụng van gió trong ống xả

Nếu có nhiều hơn một lò hơi được kết nối với cùng một ống xả và nếu một lò hơi dự phòng không có van gió để đóng ống xả nhằm giảm thiểu thất thoát khí thải thì mức tiêu thụ năng lượng sẽ cao hơn.

1.8 Giảm tổn thất trong thiết bị khử khí

Bộ khử khí là một thiết bị được sử dụng rộng rãi để loại bỏ không khí và các khí hòa tan khác từ nước cấp vào lò hơi sản xuất hơi nước. Bộ khử khí được sử dụng để giảm hàm lượng oxy, carbon dioxide và không khí trong nước cấp và do đó giảm thiểu nguy cơ ăn mòn và mài mòn.

Bộ khử khí được thiết kế theo cả hai loại mở và điều áp. Bộ khử khí mở sử dụng chất ngưng tụ để làm nóng nước cấp lên gần 100°C, và nước bay hơi/-nước ngưng sẽ rời khỏi thiết bị khử khí và do đó thất thoát gần 1% năng lượng bổ sung của lò hơi. Một bộ trao đổi nhiệt giữa khí thải và nước cấp có thể được sử dụng để giảm tổn thất này nếu có thể xử lý được áp suất ngược.

Hơn nữa, việc sử dụng bộ khử khí mở cũng cần thêm hóa chất. Khi sử dụng bộ khử khí điều áp, tổn thất năng lượng sẽ ở mức tối thiểu và việc sử dụng hóa chất không phải là vấn đề. Hơn nữa, hỗn hợp nước cấp và nước ngưng sẽ ra khỏi bộ khử khí ở nhiệt độ trên 100°C.

1.9 Hệ thống thu hồi nước ngưng

Nhiều cơ sở công nghiệp có tỷ lệ thu hồi nước ngưng thấp - do tổn thất trong hệ thống phân phối hơi hoặc do hơi được phun trực tiếp để gia nhiệt quy trình hoặc để duy trì độ ẩm nhất định trong các khu vực được kiểm soát. Tổn thất nước ngưng là rất đáng kể - với mỗi 10% lượng hơi và/hoặc nước ngưng bị mất đi, hiệu suất lò hơi sẽ giảm 1%.

1.9.1 Giám sát độ tinh khiết của nước ngưng hồi lưu

Nếu hơi không được sử dụng trực tiếp trong sản phẩm thì có thể thu hồi 90-100% hơi quay trở lại lò hơi dưới dạng nước ngưng.

Những lý do phổ biến nhất khiến toàn bộ lượng nước ngưng không được tuần hoàn là do rò rỉ và ô nhiễm. Ô nhiễm thường bắt nguồn từ sự rò rỉ sản phẩm vào hệ thống gia nhiệt. Điều này hoàn toàn không thể tránh được vì các miếng đệm bị mòn, v.v. và giải pháp là theo dõi lượng nước ngưng tuần hoàn theo tỷ lệ phần trăm trên tổng lượng nước ngưng thu hồi tiềm năng. Nên thiết lập chỉ số hiệu suất chính (KPI) cho việc này và thực hiện giám sát liên tục. Để làm được điều đó, cần sử dụng các thiết bị quan trắc. Có thể là giám sát trắc quang hoặc độ dẫn nhiệt.

1.9.2 Ví dụ về giám sát nước ngưng

Một nhà sản xuất dầu ăn đã lắp đặt hệ thống trắc quang cho sáu ống hồi nước ngưng với chức năng tự động xả xuống cống trong trường hợp ô nhiễm. Kết hợp với khởi động ngay lập tức hoạt động bảo trì cần thiết, lượng nước ngưng được tận dụng đã tăng từ 62% lên 94%. Ngoài ra, nguy cơ cung cấp nước ngưng bị ô nhiễm cho lò hơi cũng được giảm đáng kể.

1.10 Giảm thất thoát từ bẫy hơi và thông hơi

1.10.1 Tránh thất thoát nhiệt do hơi giãn áp

Tổn thất trong nước ngưng xảy ra do hơi giãn áp và bẫy hơi bị hỏng. Nước ngưng dưới áp suất, tức là hỗn hợp nước ngưng và hơi thoát ra trong bể ngưng tụ sẽ bốc hơi dưới dạng hơi tự do tùy thuộc vào chênh lệch áp suất và do đó gây thất thoát năng lượng.

Để giảm thiểu sự thất thoát, có thể sử dụng giải pháp tái hoá hơi ở mức áp suất thấp hơn hoặc trao đổi nhiệt với môi trường lạnh hơn để tận dụng năng lượng còn lại thay vì giãn áp.

1.10.2 Lập lịch quan trắc và bảo trì bẫy hơi

Bẫy hơi có xu hướng mất chức năng tách hơi và nước ngưng. Kết quả là, lượng hơi ngày càng tăng sẽ cùng với nước ngưng đi đến bể ngưng tụ, từ đó hơi sẽ thất thoát ra môi trường xung quanh.

Bẫy hơi không được giám sát đầy đủ có thể bị rò rỉ hơi trong một thời gian dài trước khi được phát hiện vì thường không có dấu hiệu rõ ràng. Việc kiểm tra thường xuyên các bẫy hơi sau quá trình bảo trì là hành động phòng ngừa cần được thực hiện[10].

[10]https://www.rasmech.com/blog/steam-trap-maintenance/

Hình 7. Ví dụ về rò rỉ từ hệ thống phân phối hơi.

1.10.3 Ví dụ về khảo sát bẫy hơi

Một công ty sản xuất thực phẩm đã thuê một nhà cung cấp bên ngoài tiến hành rà soát tất cả các bẫy hơi mỗi năm một lần. Số lượng trường hợp hỏng hóc trung bình là 11%. Công ty quyết định tự đầu tư một máy đo siêu âm để theo dõi tình trạng rò rỉ và tăng tần suất rà soát, bảo trì lên hai tháng một lần, giúp giảm số trường hợp hỏng hóc trung bình xuống 1%.

1.11 Cải thiện chất lượng và hiệu suất nước cấp, ngăn ngừa ăn mòn

Cần duy trì chất lượng nước tốt để lò hơi đạt hiệu suất cao và kéo dài tuổi thọ.

Nước giếng phải được xử lý trước khi sử dụng làm nước cấp. Đầu tiên, cần phân tích nước đầu vào để thiết kế hệ thống xử lý nước. Trong nhiều trường hợp, việc xử lý nước sẽ bao gồm hai quá trình: bộ phận trao đổi ion và bộ phận thẩm thấu ngược.

Quá trình hóa học trao đổi ion loại bỏ các chất gây ô nhiễm ion hòa tan trong nước, như các ion magiê và canxi.

Hệ thống thẩm thấu ngược loại bỏ trầm tích và clo khỏi nước bằng bộ lọc sơ bộ trước khi nước qua màng bán thấm để loại bỏ chất rắn hòa tan.

Dưới đây là các thông số kỹ thuật khuyến nghị cho nước cấp lò hơi trong các trường hợp thông thường:

Hệ thống xử lý nước	
Độ cứng dư	Tối đa 0,01°dH
Độ dẫn nhiệt	Tối đa 10 μ S/cm (25°C)
Oxy	Tối đa 0,02 mg/l
Clorua	Tối đa 0,5 mg/l
Sunfat	Tối đa 0,2 mg/l
Hạt lơ lửng	Tối đa 1 mg/l

Bảng 6. Các thông số hóa học khuyến nghị cho nước cấp cho lò hơi

Chất lượng nước cao hơn giúp cải thiện hiệu suất lò hơi nhưng yêu cầu cao hơn về các thông số kỹ thuật của nước sẽ làm tăng chi phí xử lý nước và cần tìm ra giải pháp tối ưu [11][12].

1.12 Giảm tổn thất nhiệt do xả đáy

Xả đáy là bước cần thiết để loại bỏ tạp chất khỏi lò hơi, đặc biệt trong trường hợp không lắp đặt hệ thống xử lý nước cấp.

Hiệu suất của biện pháp này lên tới 1% hoặc cao hơn.

Lắp đặt bộ trao đổi nhiệt để thu hồi nhiệt xả đáy

Trong nhiều trường hợp, nước nóng từ quá trình xả đáy được xả trực tiếp vào cống dẫn đến tổn thất từ 1% năng lượng tiêu thụ trở lên. Một phần tổn thất này có thể được sử dụng trong quá trình trao đổi nhiệt với nước cấp mới cho lò hơi.

1.13 Danh mục kiểm tra các biện pháp tiết kiệm năng lượng

Phụ lục 1 trình bày danh mục kiểm tra cung cấp tổng quan về các biện pháp tiết kiệm năng lượng khi lắp đặt lò hơi đốt dầu và khí.

Phụ lục 2 trình bày danh mục kiểm tra cung cấp tổng quan về các biện pháp tiết kiệm năng lượng khi lắp đặt lò hơi đốt nhiên liệu rắn.

[11] https://www.corrosionpedia.com/how-to-improve-feedwater-quality-to-prevent-boiler-corrosion/2/7317#feedwater-testing-and-quality-control

[12] Xem thêm TCVN 12728:2019: Nồi hơi - Yêu cầu kỹ thuật về thiết kế, chế tạo, lắp đặt, sử dụng và sửa chữa.

2 Lựa chọn và trang bị lò hơi mới

Lò hơi dùng để sản xuất hơi, nước nóng hoặc dầu nhiệt nóng có thể sử dụng các loại nhiên liệu và công nghệ khác nhau.

Phần này nhằm hướng dẫn lựa chọn loại lò hơi theo các nhu cầu cụ thể. Ngoài ra, phần này cũng trình bày hướng dẫn về những thông số kỹ thuật cần thiết cho lò hơi mới để đảm bảo hiệu suất năng lượng cao và tuổi thọ lâu dài. Nội dung bao gồm lò hơi đốt khí (khí tự nhiên, khí sinh học hoặc LPG), đốt dầu và nhiên liệu rắn, chủ yếu là sinh khối.

Phụ lục 3 trình bày tổng quan về các nhà cung cấp lò hơi đốt dầu và khí trong nước và quốc tế tại Việt Nam. Danh sách này bao gồm các nhà cung cấp đã được đánh giá là có khả năng cung cấp giải pháp BAT (Công nghệ tốt nhất hiện có), bao gồm lắp đặt lò hơi với hiệu suất năng lượng cao.

2.1 Lò hơi đốt nhiên liệu rắn hay dầu/khí?

Nhiên liệu rắn, có thể là than đá hoặc sinh khối, rẻ hơn đáng kể so với dầu hoặc khí. Nhưng lò hơi nhiên liệu rắn cũng có một số thách thức, chẳng hạn như:

- Cần không gian lớn hơn để lắp đặt lò hơi cũng như tồn chứa và xử lý nhiên liệu
- Bụi
- Nguy cơ cháy nổ
- Cần thêm nhân viên vận hành và bảo trì

Lò hơi sử dụng nhiên liệu rắn có thể áp dụng giải pháp kết hợp sử dụng cả than và sinh khối làm nhiên liệu.

2.2 Than hay sinh khối?

Trong trường hợp doanh nghiệp có đủ nguồn sinh khối, dưới dạng chất thải sinh khối từ quá trình sản xuất hoặc từ các nguồn lân cận, sinh khối có xu hướng là lựa chọn ưu tiên, với lợi ích chính là chi phí nhiên liệu thấp so với mọi loại nhiên liệu hóa thạch và có khả năng ít tác động đến môi trường (CO_2 cũng như SO_2).

Có nhiều loại sinh khối khác nhau như trấu, bã mía, rơm rạ, mùn cưa, viên gỗ, vỏ dừa, hạt bông, v.v. Kết cấu và đặc tính của các loại nhiên liệu có thể khác nhau đáng kể. Tương tự như vậy, độ ẩm và hàm lượng axit trong khí thải cũng khác nhau.

Sinh khối làm nhiên liệu có khả năng cạnh tranh với nhiên liệu hóa thạch nếu có nguồn cung cấp nhiên liệu an toàn với giá cạnh tranh. Điều này phù hợp với lĩnh vực sản xuất công nghiệp liên quan đến sản xuất chất thải sinh khối, chẳng hạn như bã mía từ ngành công nghiệp đường hoặc mùn cưa từ ngành chế biến gỗ. Ở một số khu vực có nguồn

cung sinh khối dồi dào, nhiên liệu sinh khối thậm chí có thể có sẵn trên thị trường với giá cạnh tranh. Đối với các doanh nghiệp khác, sử dụng sinh khối là một giải pháp để giảm thiểu lượng khí thải các-bon và trở thành nhà cung cấp hấp dẫn trên thị trường quốc tế trong tương lai khi tính bền vững được nhấn mạnh. Xem thêm Phần 2.3.1.

2.3 Lò hơi đốt dầu và khí

Lò hơi đốt dầu và khí được chế tạo dưới dạng lò hơi ống lửa hoặc lò hơi ống nước như minh họa trong Hình 8 bên dưới.

Hình 8. Sơ đồ lò hơi sản xuất hơi hoặc nước nóng. Lò hơi ống nước (Trái) và lò hơi ống lửa (Phải).

Đặc điểm chính của lò hơi ống lửa và ống nước

Trong Bảng 7 dưới đây, hai công nghệ minh họa ở trên được mô tả chi tiết:

Công nghệ	Đầu ra	Hiệu suất	Các ứng dụng
Lò hơi ống lửa Khí thải từ lò thường có dạng hình trụ, được dẫn đến các ống khói bao gồm một số ống nối song song. Các ống chạy qua bình lò hơi chứa nước cấp. Từ đó tạo ra hơi hoặc nước cao áp.	Trong lò hơi nước nóng, nhiệt độ thường nằm trong khoảng 110 – 140°C. Trong các ứng dụng hơi, áp suất thường lên tới 4 - 6 barg.	70% - 85% Về cơ bản, các biện pháp có thể được thực hiện để nâng cao hiệu suất. Một số biện pháp TKNL nhất định có thể được thực hiện đối với lò	Các ứng dụng có nhu cầu thấp và/hoặc theo mùa vụ. Cần xem xét lò hơi ống nước trước khi lựa chọn lò hơi ống lửa. Về nguyên tắc, công nghệ này có thể được sử dụng trong tất cả các ngành

Công nghệ	Đầu ra	Hiệu suất	Các ứng dụng
	Công suất từ 0 - 1 MW.	hơi ống lửa như cách điện, kiểm soát thổi khí, v.v.	công nghiệp có nhu cầu nhiệt hạn chế nhưng chỉ được khuyến nghị cho sản xuất mang tính thời vụ, quy mô nhỏ.
Lò hơi ống nước Lò hơi này thường có hình trụ, có thể được phủ bằng vật liệu chịu lửa như gốm (lò khô) hoặc tiếp xúc với nước của lò hơi (lò ướt) làm tăng đáng kể bề mặt trao đổi nhiệt. Phần cuối của lò được gọi là buồng đảo chiều vì khí nóng quay theo hình chữ U và được đưa vào đường ống đầu tiên. Ở cuối buồng đảo chiều, nhiệt độ của khí phải đủ thấp để tránh ứng suất nhiệt quá cao đối với ống. Nước tuần hoàn trong nhiều ống nối song song. Các ống này được đặt trong kênh dẫn khí thải và được làm nóng bằng khí thải được dẫn từ lò qua đường dẫn khí thải. Các ống nơi nước lưu thông được hàn lại với nhau và tạo thành thành lò.	Nhiệt độ tối đa (tùy theo vật liệu) lên tới 500°C. Có thể tạo ra hơi nước áp suất cao quá nhiệt (40 – 80 barg) cũng như hơi nước áp suất thấp và nước nóng.	85 – 100% (100% với lò hơi khí ngưng). Trong các lò hơi mới, bộ hâm nước phải được thiết kế để nhiệt độ khí thải tối đa là 50°C. Các vật liệu trong hệ thống khí thải phải có khả năng chịu được khí thải. Phải đặc biệt chú ý đến hàm lượng lưu huỳnh trong dầu.	Công nghệ được sử dụng rộng rãi cung cấp hơi áp suất thấp và cao và/hoặc nước nóng cho tất cả các ngành công nghiệp.

Bảng 7. Các công nghệ áp dụng trong lò hơi đốt dầu và khí

Cả hai công nghệ đều có thể được sử dụng để cung cấp hơi và nước nóng cho cơ sở sản xuất và tất cả các biện pháp tiết kiệm năng lượng được mô tả trong Phần 2 ở trên cũng áp dụng cho cả hai công nghệ.

2.4 Đặc điểm của các loại lò hơi đốt nhiên liệu rắn - sinh khối

Mô tả các biện pháp tiết kiệm năng lượng trong Phần 1 ở trên cũng áp dụng cho lò hơi sử dụng nhiên liệu rắn.

Nhưng so với lò hơi đốt dầu và khí, có một số đặc điểm liên quan đến việc đốt nhiên liệu rắn đòi hỏi phải thực hiện thêm các biện pháp để duy trì hiệu suất năng lượng cao cho lò hơi nhiên liệu rắn. Trọng tâm chính của phần này là về lò hơi sinh khối nhưng các nội dung mô tả cũng áp dụng cho lò hơi đốt than.

2.4.1 Sinh khối

Sinh khối có tính không đồng nhất và do đó khi sử dụng sinh khối làm nhiên liệu sẽ có một số thách thức liên quan tới:

- Hình dạng vật lý
- Thành phần hóa học
- Hàm lượng ẩm
- Giá trị nhiệt

Tất cả các khía cạnh cần được xem xét khi thiết kế một lò hơi sinh khối. Khi nhiên liệu chính được lựa chọn, lò hơi phải được tối ưu hóa theo nhiên liệu này. Lò hơi có thể được vận hành với các loại nhiên liệu có các thông số kỹ thuật có thể so sánh được với nhau.

Hình dạng vật lý. Nhiên liệu cần phải được chuẩn bị phù hợp với kết cấu lò. Nhiên liệu có thể bao gồm:

- Củi
- Than bánh
- Viên nén gỗ
- Gỗ dăm
- Bột (viên nén gỗ hoặc phế thải công nghiệp được nghiền thành bột)

Điều này có nghĩa là nhiên liệu luôn phải được xử lý sơ bộ theo kết cấu lò.

Thành phần hóa học. Một số loại sinh khối có chứa các thành phần dẫn tới khí thải có độ axit cao hoặc tạo xỉ có nhiệt độ cháy thấp và điều này cần phải được xem xét trong quá trình xây dựng và sử dụng nguyên vật liệu.

Hàm lượng ẩm. Lò hơi cần được xây dựng theo hàm lượng ẩm có trong sinh khối. Hàm lượng này có thể ở mức 10-15% đối với vỏ trấu hoặc 35-45% đối với gỗ dăm. Nếu nhiên liệu có độ ẩm chênh lệch so với kết cấu lò, nó cần phải được xử lý sơ bộ để phù hợp với lò hơi.

Giá trị nhiệt. Nếu có sự chênh lệch quá lớn về giá trị nhiệt của nhiên liệu, nhiệt độ sẽ bị trượt khỏi điểm đặt nhiệt độ của lò hơi và cần thực hiện điều chỉnh. Trong một vài trường hợp, việc sử dụng nhiên liệu thay thế để khởi động lò hơi là cần thiết.

2.4.2 Đặc điểm chính của lò hơi sinh khối

Sự lựa chọn tối ưu loại lò hơi phụ thuộc vào nhiều thông số, chẳng hạn như:

- Đặc điểm của nhiên liệu sinh khối
- Công suất tỏa nhiệt
- Yêu cầu về hiệu quả năng lượng

Bảng 8 dưới đây mô tả loại công nghệ được áp dụng trong lò hơi sử dụng nhiên liệu rắn.

Công nghệ	Đầu ra	Hiệu suất	Các ứng dụng
Lò hơi stoker Trong lò hơi stoker, có một trục vít nằm ngang để vận chuyển nhiên liệu từ kho chứa vào ghi trong buồng đốt. Không khí được cung cấp bằng quạt thổi ở cửa hút hoặc khí thải được hút ra ngoài.	Nước nóng hoặc hơi lên tới 10 barg và 185°C. Thông thường dành cho công suất nhỏ nhưng tổng thể nhu cầu nhiệt có thể lên tới 5 MW.	60-90% Vì loại công nghệ này được lựa chọn cho các dự án có mức đầu tư thấp nên thường sẽ không có thiết bị để tăng hiệu suất.	Các ứng dụng có nhu cầu thấp và/hoặc theo mùa vụ. Các ứng dụng có nhu cầu trên 1 MW nên xem xét các loại lò hơi khác.
Ghi xích Nhiên liệu được ghi, sàn di chuyển hoặc băng tải đưa về phía trước. Quá trình đốt cháy diễn ra trên ghi lò, tại đây, nhiên liệu được sấy, khử khí và đốt cháy hết trong	Hơi 50 – 200 barg và nhiệt độ lên tới 550°C. Công suất dao động từ 50 đến 500 MW.	90-95%	Dành cho các ngành công nghiệp có nhu cầu nhiệt cao. Trong nhiều trường hợp, có thể là nhà máy đồng phát.

Công nghệ	Đầu ra	Hiệu suất	Các ứng dụng
vài phút. Không khí sơ cấp được cung cấp dưới ghi, làm khô nhiên liệu và tạo ra quá trình đốt cháy dưới mức cân bằng hóa học - tức là quá trình đốt cháy không hoàn toàn và thiếu oxy. Quá trình đốt cháy quá mức cân bằng hóa học còn lại diễn ra bằng cách cung cấp không khí thứ cấp phía trên lớp ghi. Thách thức nằm ở việc giữ cho lớp ghi và mặt trước ngọn lửa không đổi khi tải nhiên liệu và lò hơi thay đổi.			Cũng có thể áp dụng trong các nhà máy điện nhỏ hơn.
Đốt nhiên liệu ở trạng thái lơ lửng Tại các nhà máy lớn, nhiên liệu được đốt ở trạng thái lơ lửng - tức là nhiên liệu sẽ được nghiền thành bột, thổi vào lò hơi và cháy hết khi đang ở trạng thái lơ lửng trong không khí. Nhiên liệu sẽ cháy gần như ngay lập tức (thời gian lưu ngắn). Không khí được thêm vào bên dưới luồng nhiên liệu thổi vào và các đường ống được đặt cao hơn ở bộ phận khí thải.	Hơi 100 – 300 bar và nhiệt độ lên tới 600°C. 1 Công suất dao động từ 100 đến 1.000 MW.	90-95%	Đồng phát trong các ngành công nghiệp bia hoặc nhà máy điện.

Công nghệ	Đầu ra	Hiệu suất	Các ứng dụng
Tầng sôi (FB) Công nghệ tầng sôi là quá trình đốt cháy nhiên liệu rắn dạng hạt trong lớp vật liệu trơ (thường là cát hoặc đá vôi), được hóa lỏng do dòng khí. Lò là một cấu trúc thẳng đứng với buồng khí ở phía dưới, lớp vật liệu ở giữa và khí thải ở phía trên. Các hạt lơ lửng trong khí thải được tuần hoàn từ cyclone trở lại tầng nhiên liệu.	Hơi áp suất trung bình lên tới 30 barg và 500°C. Dải công suất thường từ 10 đến 75 MW.	80–100% tùy thuộc vào độ ẩm và sự ngưng tụ của khí thải. Do quy mô lắp đặt FB, công nghệ này thường được kết hợp với khả năng thu hồi nhiệt lượng từ khí thải ở mức độ cao.	Có thể sử dụng để cung cấp hơi áp suất trung bình cho tất cả các ngành công nghiệp.
Tầng sôi tuần hoàn (CFB) Thông thường là buồng lò thẳng đứng kết nối với lốc xoáy. Vật liệu tuần hoàn (cát & tro xỉ) cùng với khí thải đi qua lò, sau đó được tách ra khỏi khí và quay trở lại phần dưới của lò bằng cyclon. Công nghệ này cung cấp đặc tính nhiệt độ đốt đồng đều, tối ưu để xử lý nhiều đặc tính khác nhau của nhiên liệu, chẳng hạn như nhiệt trị, độ ẩm, hàm lượng tro và một số thành phần tro có điểm nóng chảy thấp. Điều này cũng đảm bảo lượng khí thải sơ cấp thấp với hiệu	Phạm vi công suất thường từ 25 đến 1.500 MW. Đầu ra là hơi nước áp suất cao lên tới 175 barg và 550°C	85–100% tùy theo độ ẩm. Do quy mô lắp đặt CFB, công nghệ này thường được kết hợp với khả năng thu hồi nhiệt từ khí thải ở mức cao.	Có thể được sử dụng để cung cấp hơi áp suất cao cho tất cả các ngành công nghiệp. Hơi áp suất thấp thường được tạo ra liên quan đến hoạt động phát điện. Công nghệ này có thể sử dụng để đốt nhiều nhiên liệu và có thể sử dụng các loại nhiên liệu khó. Sử dụng sinh khối tái chế gỗ, bã mía, phế thải công nghiệp, v.v.

Công nghệ	Đầu ra	Hiệu suất	Các ứng dụng
suất đốt cao và sử dụng tuyệt vời các chất phụ gia để loại bỏ lưu huỳnh và các mục đích đặc biệt khác. Lò phản ứng CFB rất giống với lò phản ứng tầng sôi. Sự khác biệt là thời gian lưu trú của khí và các hạt là khác nhau.			Nhiên liệu hóa thạch như cặn than, than bitum, than cốc, nhựa đường.
Khí hóa nhiệt Quá trình khí hóa là quá trình chuyển đổi nhiên liệu rắn thành nhiên liệu khí bằng thiết bị khí hóa để cung cấp khí cho các mục đích khác nhau (sấy, lò hơi, chu trình hỗn hợp tuabin khí, v.v.). Quá trình khí hóa nhiệt được tạo ra từ vật liệu sinh học và đầu ra là khí được tạo ra (N_2, H_2, CO, CO_2, CH_4 và H_2O), có thể được sử dụng để đốt trực tiếp trong các quá trình.			Khí hóa nhiệt chủ yếu được sử dụng cho các nhà máy nhiệt điện hoặc đồng phát. Tuy nhiên, công nghệ này cũng có thể được sử dụng trong quá trình nung/thiêu kết và trong quá trình nấu chảy/đúc nếu khí tự nhiên có thể được thay thế bằng khí hóa. Việc áp dụng quá trình khí hóa bị hạn chế bởi hàm lượng các hạt trong khí được tạo ra - tuy nhiên, hàm lượng này thấp hơn so với các quá trình đốt thông thường. Với việc sử dụng bộ lọc túi hoặc bộ lọc nến, có thể loại bỏ các hạt và nhựa đường

Công nghệ	Đầu ra	Hiệu suất	Các ứng dụng
			khỏi khí được tạo ra bởi quá trình khí hóa. Tuy nhiên, không phải tất cả các thành phần này đều có thể được loại bỏ, đó là lý do tại sao quy trình và sản phẩm cuối cùng vẫn có thể tiếp xúc với các chất dạng hạt và tạp chất khác trong khí sản xuất và khí thải[13].

Bảng 8. Công nghệ lò hơi áp dụng cho lò hơi đốt nhiên liệu rắn

Ngoài công nghệ lò hơi, cần đặc biệt chú ý đến quá trình cấp nhiên liệu và làm sạch khí thải. Nhiều sinh khối có hàm lượng ẩm cao và năng lượng dùng để làm bay hơi ẩm sẽ bị tổn thất nếu hơi ẩm không ngưng tụ và năng lượng được thu hồi lại. Hai trở ngại chính khi sử dụng nhiệt ngưng tụ là cần nhiệt ở nhiệt độ thấp (nước nóng) và liệu sinh khối có gây ra hiện tượng ngưng tụ axit (có thể giải quyết bằng cách sử dụng sợi thuỷ tinh (GRP) thay cho thép).

Phụ lục 4 cung cấp thông tin tổng quan về các nhà cung cấp lò hơi đốt nhiên liệu rắn trong nước và quốc tế tại Việt Nam. Danh sách này bao gồm các nhà cung cấp đã được đánh giá là có khả năng cung cấp giải pháp BAT (Công nghệ tốt nhất hiện có), bao gồm lắp đặt lò hơi với hiệu suất năng lượng cao.

2.5 Giải pháp lò hơi kết hợp (than và sinh khối)

Đối với những hệ thống mới, có thể thiết kế lò hơi để sử dụng cả than và sinh khối làm nhiên liệu – còn được gọi là lò hơi "kết hợp".

Ngoài ra, đối với các lò hơi sử dụng nhiên liệu rắn hiện có, có thể cải tạo các lò hơi đốt than cũ để sử dụng sinh khối nếu lò hơi là loại ghi xích được sử dụng phổ biến.

[13] Cục Năng lượng Đan Mạch, Dữ liệu công nghệ về nhiệt quy trình công nghiệp, 2020, Cẩm nang dữ liệu công nghệ, Phiên bản 3.

Việc cải tạo như vậy không phải là một nhiệm vụ dễ dàng và các vấn đề sau cần được cân nhắc một cách kỹ lưỡng:

- Giảm công suất lò hơi do nhiệt trị sinh khối thấp hơn
- Làm sạch khí thải phù hợp
    - Thay đổi lưu lượng khí thải và biểu đồ nhiệt độ
    - Loại bỏ hiệu quả các hạt vật chất
- Cần nghiên cứu sự cần thiết của việc làm sạch các bộ phận bức xạ và đối lưu của lò hơi bằng hình thức tự động (trực tuyến).
- Hệ thống cấp nhiên liệu hiện tại có thể hỗ trợ nhiên liệu mới không?
- Không khí đốt có được gia nhiệt sơ bộ phù hợp không?
- Nhiên liệu mới có thể đòi hỏi tăng nhiệt độ nước cấp để tránh ăn mòn phía sau lò hơi do điểm ngưng tụ khác nhau.

Trường hợp điển hình – Thay thế lò hơi đốt than bằng lò hơi kết hợp (than và sinh khối)

Tại Công ty Dệt Hà Nội (Chi nhánh Hưng Yên), 2 lò hơi đốt than ghi cố định cũ có sản lượng hơi lần lượt là 4 và 6 tấn/giờ ở áp suất 5 bar và 150°C phục vụ cho quá trình sản xuất tại cơ sở. Lượng tiêu thụ than antraxit hàng năm vào khoảng 2.800 tấn.

Trong quá trình kiểm toán năng lượng, hiệu suất của lò hơi được đánh giá là thấp do hệ thống lắp đặt lò hơi cũ thiếu bộ điều khiển tự động và vận hành các bộ hâm nước cũ hầu như không hiệu quả do rò rỉ và đóng cặn. Hiệu suất của các lò hơi được đánh giá trung bình khoảng 73%.

Theo khuyến nghị từ kiểm toán năng lượng, nên lắp đặt một lò hơi kết hợp tầng sôi mới công suất 10 tấn/giờ (nhiên liệu kép) có thể sử dụng than cũng như sinh khối làm nhiên liệu và áp dụng một số biện pháp tiết kiệm năng lượng so với hệ thống cũ:

- Bộ hâm nước tiết kiệm năng lượng
- Kiểm soát oxy tự động
- Bộ sấy không khí
- Cải thiện bảo ôn

Các lò hơi cũ và mới được minh họa trong các hình dưới đây.

Hình 9. Lò hơi kết hợp hiệu suất cao mới sử dụng sinh khối (và than).

Hiệu suất của lò hơi mới dự kiến là khoảng 87%, nghĩa là hiệu suất sẽ được tăng thêm 14%.

Tổng mức đầu tư 6,2 tỷ đồng và tiết kiệm chi phí hàng năm 2,0 tỷ đồng, thời gian hoàn vốn đầu tư khoảng 3 năm.

Chỉ riêng giải pháp cải thiện hiệu quả sử dụng năng lượng đã giúp giảm gần 1.000 tấn CO_2/năm, trong khi việc vận hành lò hơi mới sử dụng nhiên liệu sinh khối sẽ giúp giảm gần 8.000 tấn CO_2/năm.

Nhờ hệ thống điều khiển và vận hành tự động nên môi trường làm việc tại cơ sở cũng được hưởng lợi đáng kể nhờ dự án này.

2.6 Đặc điểm thiết kế lò hơi

Sau khi lựa chọn loại lò hơi phù hợp nhất với nhu cầu, cần xác định các chi tiết về thiết kế lò hơi.

Điều quan trọng là cần thực hiện số lượng phép đo cần thiết (nhiệt độ và áp suất) với lò hơi để theo dõi đặc tính nhiệt độ và mức độ giảm áp suất, ví dụ như tại bộ quá nhiệt, thể hiện thời gian cần làm sạch thủ công.

Điều quan trọng là lò hơi phải được trang bị các thiết bị làm sạch tự động cần thiết như thiết bị thổi muội, thiết bị phun nước làm sạch, máy gạt, v.v. tùy thuộc vào thiết kế cụ thể của lò hơi.

2.6.1 Thiết kế theo nhiên liệu sử dụng

Kết cấu và đặc tính nhiên liệu rất quan trọng đối với việc thiết kế các hệ thống lò hơi sinh khối, dưới đây là một số thông số:

- Độ ẩm và nhiệt trị của nhiên liệu

- Hàm lượng tro
- Hàm lượng clo và lưu huỳnh
- Hàm lượng của các thành phần quan trọng như kali
- Điểm nóng chảy tro

Nếu nhiên liệu không đúng như thiết kế của lò hơi, thì nhiên liệu có thể không cháy hết và làm tắc nguồn cấp nhiên liệu nếu kích thước hạt không đúng theo thiết kế.

2.6.2 Hơi, dầu nhiệt hay nước nóng?

Lựa chọn phổ biến về chất mang nhiệt trong hầu hết các ngành công nghiệp là hơi, hoặc nếu yêu cầu nhiệt độ xử lý cao thì dầu truyền nhiệt có thể được ưu tiên hơn.

Hệ thống hơi gây ra một số tổn thất như đã đề cập trong phần 1. Thay vào đó, sử dụng nước cao áp có thể tăng hiệu suất lên khoảng 15% - hoặc thậm chí cao hơn đối với các hệ thống phân phối kém hiệu quả.

Trong trường hợp thay thế lò hơi hiện có, hệ thống phân phối nhiệt cũng như các bộ trao đổi nhiệt cần được thay thế để vận hành bằng nước thay vì hơi.

2.6.3 Điều khiển tự động quá trình cung cấp nhiên liệu và cung cấp không khí đốt

Lò hơi cần được trang bị hệ thống cấp nhiên liệu tự động được điều khiển bởi thông số đầu ra từ lò hơi như áp suất hơi hoặc nhiệt độ nước nóng.

Tương tự như vậy, không khí đốt cần được kiểm soát liên tục để duy trì mức O_2 và CO tối ưu trong khí thải và từ đó duy trì hiệu suất đốt tối ưu.

2.6.4 Hệ thống thu hồi nhiệt tối ưu

Lò hơi phải được trang bị bộ hâm nước với thiết kế giúp thu hồi tối đa nhiệt từ khí thải (xem thêm phần 1.5).

2.6.5 Hệ thống khử NO_x

Hàm lượng NOx trong khí thải được kiểm soát thông qua các biện pháp chính như phun khí đốt và tuần hoàn khí thải và thông qua các biện pháp thứ cấp như áp dụng hệ thống kiểm soát khí thải SNCR (giảm chọn lọc không xúc tác) hoặc SCR (giảm chọn lọc có xúc tác). Thông thường SNCR bơm nước amoniac hoặc urê vào buồng đốt được sử dụng. SCR là hệ thống thiết bị đắt tiền, chỉ được sử dụng nếu giới hạn phát thải ở mức rất nghiêm ngặt. Điều quan trọng là phải bơm nước amoniac với dải nhiệt độ tối ưu, nếu không hiệu suất sẽ thấp và xảy ra hiện tượng amoniac không phản ứng. Do đó, cần sử dụng nhiều cấp độ vòi phun. Tính năng tự động thay đổi cấp độ là cần thiết.

2.6.6 Dễ dàng loại bỏ cặn bẩn và xỉ

Sử dụng sinh khối có tác động tới hiện tượng đóng cặn và xỉ trong lò hơi.

Hiện tượng này chủ yếu là do các kim loại nhóm kiềm như Natrium và Kalium. Những kim loại này có điểm nóng chảy thấp và có xu hướng tan chảy trên bề mặt ống, làm tăng tình trạng đọng tro trên ống. Sự tích tụ các cặn như vậy làm tăng khả năng chịu nhiệt của ống và do đó làm tăng nhiệt độ của ống, tạo điều kiện cho các chất khác nóng chảy. Ngoài ra, điều này còn dẫn đến tình trạng ăn mòn nghiêm trọng. Cặn bám và xỉ sẽ trở nên nghiêm trọng hơn do sự có mặt của clo làm tăng sự dịch chuyển của các hợp chất vô cơ.

Có thể giảm thiểu cặn bám và xỉ bằng cách tránh sử dụng ống có đường kính nhỏ và bổ sung một số hợp chất có chứa lưu huỳnh (giúp giảm lượng cặn). Ngoài ra, hệ thống làm sạch tự động có thể được tích hợp trong lò hơi.

2.6.7 Cấp liệu

Hệ thống cung cấp nhiên liệu phụ thuộc nhiều vào loại sinh khối và thường được thiết kế riêng cho từng ứng dụng cụ thể. Loại hệ thống vận chuyển và cung cấp nhiên liệu phù hợp phụ thuộc hoàn toàn vào loại sinh khối và đặc biệt là kết cấu của sinh khối (hạt mịn, rơm, viên, v.v.).

Nguy cơ cháy nổ phải được đánh giá cẩn thận và thực hiện các hành động cần thiết.

2.6.8 Làm sạch khí thải

Thiết kế của hệ thống làm sạch khí thải phụ thuộc vào các yêu cầu quy định về khí thải.

Thông thường, hệ thống làm sạch khí thải của nhà máy đốt sinh khối bao gồm bộ lọc túi, thiết bị lọc bụi tĩnh điện hoặc có thể chỉ là cyclon.

Hoạt động đo lường phát thải liên tục phụ thuộc vào yêu cầu của cơ quan có thẩm quyền, tuy nhiên việc giám sát lò hơi, đặc biệt là đo CO và O_2 liên tục là rất cần thiết.

Khí thải sau quá trình làm sạch thường chỉ khoảng 130-150^{o}C vì đây là nhiệt độ tối ưu trong bộ lọc túi và cao hơn điểm sương. Tuy nhiên, vẫn có cơ hội để tăng hiệu suất bằng cách sử dụng bộ làm mát khí thải (làm mát khí thải xuống đến 100^{o}C nhưng vẫn cao hơn điểm sương để tránh ăn mòn). Một lựa chọn khác là áp dụng phương pháp ngưng tụ khí thải, phương pháp này đặc biệt thích hợp nếu sử dụng sinh khối có độ ẩm cao. Thiết bị làm mát khí thải và ngưng tụ khí thải là các giải pháp phù hợp khi có nhu cầu nước nóng tại nhà máy.

2.6.9 Xử lý nước

Cần xử lý nước đúng cách để kiểm soát lượng oxy, độ pH, v.v. nhằm duy trì tiêu chuẩn cao khi lắp đặt lò hơi và cần xác định các điểm lấy mẫu cần thiết trong nước cấp, trống lò hơi và đường hơi, cùng với phép đo tự động (ví dụ như độ dẫn nhiệt) để giám sát chất lượng nước/hơi. Tham khảo thêm phần 1.11.

Nếu có quá trình sản xuất điện bằng tua bin hơi nước thì yêu cầu về chất lượng nước/hơi thường cao.

Điều quan trọng là phải làm sạch lò hơi và đường dẫn hơi đúng cách trước khi đưa hơi vào tuabin hơi. Điều này thường được thực hiện, ví dụ như thông qua làm sạch bằng axit và/hoặc thanh lọc/thổi bằng hơi, tuy nhiên giải pháp phụ thuộc rất nhiều vào nhà cung cấp.

2.6.10 Xử lý và lưu trữ nhiên liệu

Nhu cầu về phương tiện lưu trữ phụ thuộc hoàn toàn vào nhiên liệu sử dụng nhưng nếu nhiên liệu được lấy từ bên ngoài nhà máy thì ưu tiên công suất lưu trữ cho ít nhất 3 ngày để sử dụng cho ngày cuối tuần.

Nếu sử dụng nhiều nhiên liệu phối trộn, có thể cần các hệ thống lưu trữ khác nhau hoặc các loại sinh khối khác nhau có thể được trộn trong hầm chứa.

Kho có mái che được ưu tiên để tránh làm tăng độ ẩm trong nhiên liệu.

Nếu sử dụng nhiên liệu rất khô, cần xem xét vấn đề chữa cháy trong hầm nhiên liệu (máy dò khói, thiết bị chữa cháy, v.v.)

2.6.11 Bảo trì

Điều quan trọng là phải lắp đặt hệ thống bảo trì phù hợp dựa trên thông tin đầu vào từ các nhà cung cấp thiết bị về thay đổi chất bôi trơn, thay đổi vòng đệm và các vấn đề bảo trì thường xuyên khác. Bảo trì phải mang tính phòng ngừa chứ không phải chỉ thực hiện khi hệ thống hư hỏng.

Nên thực hiện ngừng vận hành trong một khoảng thời gian ngắn trước đợt đại tu lớn hàng năm để lên kế hoạch cho các hoạt động trong thời gian ngừng vận hành. Việc tạm ngừng vận hành trong thời gian ngắn nhằm kiểm tra lò hơi và xác định chính xác nhu cầu ngừng vận hành, ví dụ bằng cách kiểm tra độ dày vách của các bộ phận quan trọng, lượng cặn trong lò hơi, v.v. Bảo trì hiệu quả sẽ làm kéo dài tuổi thọ của nhà máy.

2.6.12 Lưu trữ tài liệu

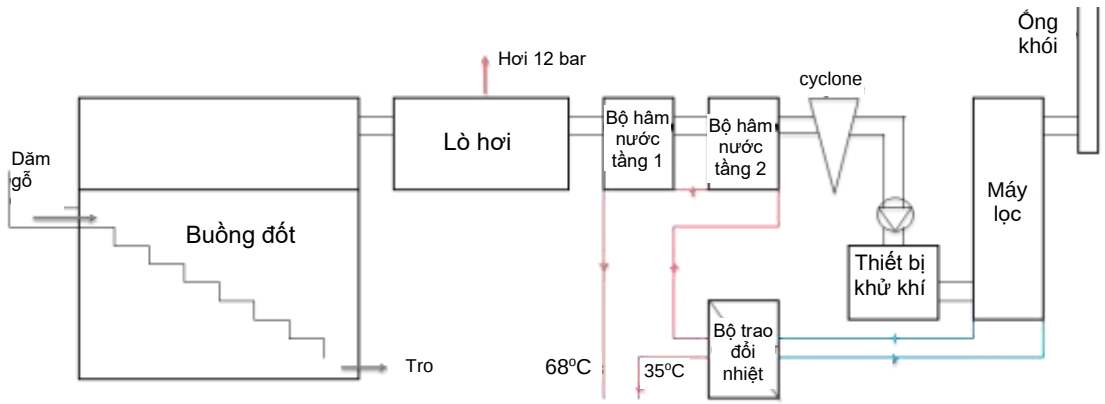
Để vận hành và bảo trì đúng cách hệ thống lò hơi, điều quan trọng là phải lưu trữ tất cả các tài liệu liên quan, chẳng hạn như sổ tay hướng dẫn vận hành và bảo trì, sẵn có ở nơi an toàn, dễ tiếp cận.

Cần có hệ thống đánh số thẻ đảm bảo xác định chính xác tất cả các cấu phần của hệ thống.

2.6.13 Ví dụ về lò hơi sinh khối

Một doanh nghiệp cần hơi áp suất 12 bar để sản xuất và lượng hơi này được cung cấp bởi lò hơi đốt dăm gỗ. Bụi được loại bỏ khỏi khí thải trong cyclon và hạt mịn trong máy lọc sau khi được làm mát trong thiết bị khử khí.

Nước được gia nhiệt sơ bộ bằng nước từ thiết bị lọc và sau đó được tiếp tục gia nhiệt ở bước trao đổi nhiệt trực tiếp trong bộ hâm nước hai tầng. Khí thải được làm mát xuống còn 45 – 50°C và nước được gia nhiệt từ 35°C lên đến 68°C. Một nguồn thu hồi nhiệt khác là nước làm mát buồng đốt và ghi xích và nguồn này được sử dụng để gia nhiệt sơ bộ khí nạp vào.



Hình 10. Thu hồi nhiệt từ lò hơi đốt dăm gỗ.

Sản lượng hơi hàng năm khoảng 65.000 MWh và tiềm năng của hệ thống nước nóng là 18.000 MWh tương đương với mức tăng 28% công suất đầu ra của lò hơi.

Lý do có sự tăng mạnh về công suất đầu ra này là do độ ẩm trong dăm gỗ ở khoảng 38-45% và bằng cách hạ nhiệt độ khí thải xuống điểm ngưng tụ, năng lượng bay hơi sẽ được thu hồi.

Doanh nghiệp không thể sử dụng nhiều năng lượng như vậy ở nhiệt độ 68°C và do đó cần có phương án bán năng lượng ra ngoài.

2.6.14 Nghiên cứu điển hình – Thay lò hơi đốt dầu bằng lò hơi sinh khối

Tại **Công ty TNHH Thuốc lá Đà Nẵng**, lò hơi đốt dầu sản xuất được 2 tấn hơi/giờ cho quá trình sản xuất với hiệu suất tốt (90%) – tuy nhiên chi phí vận hành tương đối cao do giá dầu cao.

Để giảm chi phí vận hành, cơ sở quyết định lắp đặt lò hơi đốt viên gỗ đơn giản thay thế lò hơi đốt dầu, sản xuất 2 tấn hơi mỗi giờ.

Lò hơi cũ và mới được minh họa trong hình dưới đây.

Hình 11. Lò hơi đốt viên gỗ mới thay thế lò hơi đốt dầu

Hiệu suất của lò hơi mới dự kiến đạt khoảng 85%.

Với tổng mức đầu tư 3 tỷ đồng và tiết kiệm chi phí hàng năm hơn 8 tỷ đồng, thời gian hoàn vốn đầu tư ngắn, chỉ 0,3 năm. Hơn nữa, việc thay thế giúp giảm đáng kể lượng khí thải CO_2 của nhà máy với mức giảm khoảng 2.400 tấn/năm.

2.7 Lò hơi điện

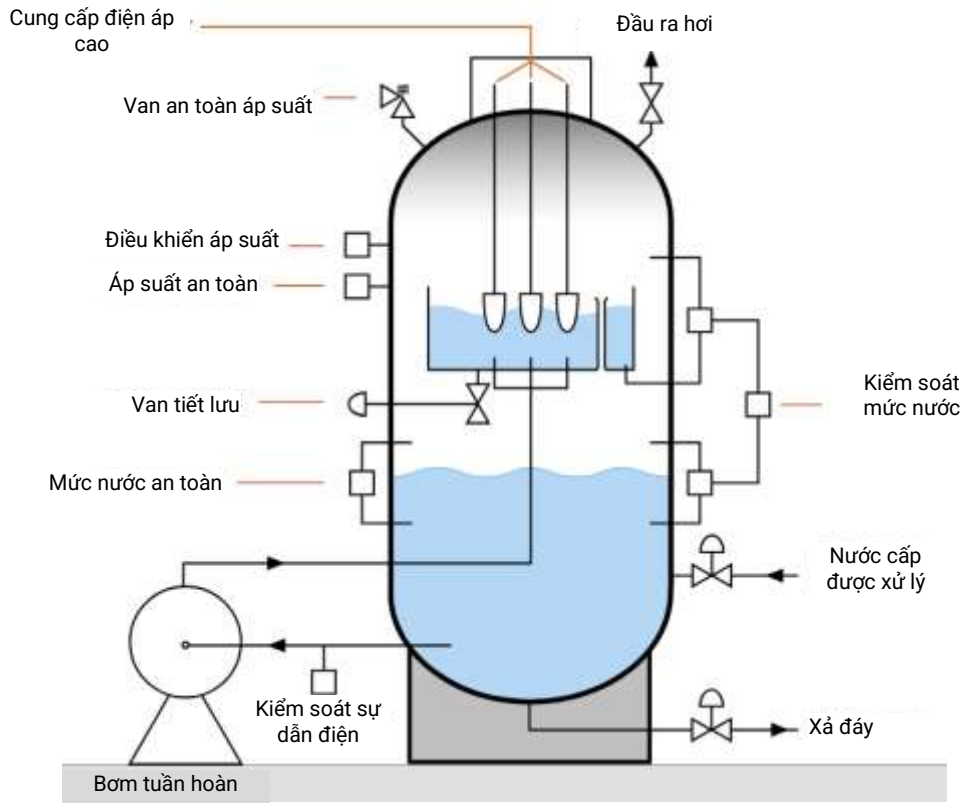
Lò hơi điện đã xuất hiện trong nhiều thập kỷ nhưng do quá trình điện hóa ngành công nghiệp là chủ đề đang thu hút nhiều sự quan tâm nên việc thâm nhập vào thị trường lò hơi đang ngày càng tăng tốc.

Ưu điểm của lò hơi điện là không xảy ra quá trình đốt cháy, chỉ tiêu thụ điện và có thể trung hòa CO_2 bằng cách sử dụng điện từ các nguồn năng lượng tái tạo.

Các lò hơi có thể được thiết kế để sản xuất hơi nước hoặc nước nóng hoặc có thể sử dụng giải pháp kết hợp từ một số nhà cung cấp.

Lò hơi điện có hiệu suất cao (99,0% - 99,7%) và phạm vi điều khiển rộng (liên tục từ 0–100%) và thời gian đáp ứng nhanh với thời gian đáp ứng xuống tới 30 giây từ mức tải tối thiểu đến đầy tải.

Lò hơi điện được sử dụng vừa để bổ sung cho lò hơi đốt vừa để cung cấp nhiệt cho các cơ sở công nghiệp.



Hình 12. Sơ đồ minh họa lò hơi điện cung cấp hơi (Nguồn: Parat[14])

Nhược điểm chính của lò hơi điện là thường đòi hỏi phải mở rộng nguồn cung cấp điện và lưới điện liên quan. Thông thường các lò hơi công nghiệp được kết nối với các cấp điện áp trung bình như 6 – 24 kV để hạ dòng điện. Chỉ những lò hơi có công suất dưới 1 MW mới được coi là kết nối với điện áp thấp.

Đầu tư vào giải pháp lò hơi điện trong một số trường hợp sẽ rẻ hơn giải pháp lò hơi đốt khí tự nhiên. Nếu chi phí cung cấp điện bổ sung và nâng cấp cơ sở hạ tầng lưới điện cao thì giải pháp lò hơi điện sẽ đắt hơn giải pháp lò hơi đốt khí tự nhiên.

Thiết kế nằm ngang đòi hỏi không gian bố trí lò gần giống như lò hơi đốt khí tự nhiên. Thiết kế thẳng đứng đòi hỏi tăng chiều cao trong phòng lò hơi nhưng diện tích sử dụng rất nhỏ. Thông thường, một lò hơi điện có thể được lắp đặt mà không cần chi phí xây dựng lớn và không có các chi phí về lưu trữ và xử lý nhiên liệu, làm sạch khí thải và ống khói.

Lò vận hành đơn giản và việc điều chỉnh lò thường được thực hiện với mực nước xung quanh các điện cực.

[14] Trang chủ PARAT: Lò hơi điện cực cao áp PARAT IEH - PARAT Halvorsen AS

Việc bảo trì thường bị hạn chế và với điện cực dự phòng trong kho, thời gian ngừng hoạt động có thể được duy trì ở mức độ hạn chế. Với chất lượng nước tốt, độ bám bẩn trên các điện cực và bề mặt sẽ thấp, khoảng thời gian giữa các lần làm sạch có thể dài.

Vì không có khí thải và không có phát thải ra không khí xung quanh nên các vấn đề môi trường sẽ không liên quan đến việc lắp đặt lò hơi điện. Đối với các công ty gần khu dân cư, đây có thể là một yếu tố thúc đẩy lựa chọn giải pháp này.

Lò hơi điện cũng có thể được sử dụng cho mục đích điều tiết đặc biệt như cân bằng phụ tải trong hệ thống tuabin khí hoặc hỗ trợ điều tần trong lưới điện.

Công nghệ	Đầu ra	Hiệu suất	Các ứng dụng
Lò hơi điện Cấu trúc lò dọc hoặc ngang. Vì không có quá trình đốt cháy nên không cần thiết bị xử lý nhiên liệu và khí thải. Nguồn điện ở cấp điện áp trung thế từ 6 kV – 24 kV phải đủ và ổn định. Phạm vi điều khiển liên tục từ 0–100%. Thời gian đáp ứng giảm xuống còn 30 giây từ mức tải tối thiểu đến đầy tải.	Nước nóng hoặc hơi nước lên tới 70 barg và 300°C. Phạm vi từ 0 đến 60 MW trong một tổ máy. Rất phù hợp với giải pháp mô-đun trong đó tổng công suất điện được cung cấp từ hai tổ máy trở lên.	99,0-99,7% Lò hơi điện không có các tổn thất như ở lò hơi đốt mà chỉ có tổn thất do bức xạ.	Có thể được sử dụng trong tất cả các ứng dụng công nghiệp đòi hỏi sử dụng nước nóng hoặc hơi nước. Đặc biệt đối với các công ty cần đạt được: - Tác động CO_2 thấp - Không phát thải - Thời gian đáp ứng nhanh - Phạm vi điều khiển rộng thì lò hơi điện là một giải pháp phù hợp. Cũng có thể phù hợp để bổ sung cho lò hơi đốt. Điều kiện tiên quyết đối với giải pháp lò hơi điện là lưới điện có khả năng cung cấp lượng điện cần thiết.

Bảng 9. Các công nghệ lò hơi điện

Hình 13. Ví dụ về lắp đặt lò hơi điện.

3 Quy trình mua sắm lò hơi

Mua sắm và lắp đặt lò hơi mới là một dự án đầu tư quan trọng đối với hầu hết các doanh nghiệp và cần được lên kế hoạch cẩn thận để đảm bảo các giải pháp bền vững và tiết kiệm chi phí.

Để làm được điều này, quy trình mua sắm cần thực hiện theo các bước dưới đây:

1. Giai đoạn tiền khả thi
2. Giai đoạn khả thi
3. Giai đoạn đấu thầu
4. Giai đoạn đánh giá hồ sơ dự thầu

Các bước sau này bao gồm triển khai lắp đặt, kiểm tra và vận hành chạy thử lò hơi không được mô tả trong bối cảnh này.

3.1 Giai đoạn tiền khả thi

Mục đích của giai đoạn tiền khả thi là xác định dự án để thực hiện và đánh giá các giải pháp tổng thể thay thế để có thể kết luận đâu là phương án hấp dẫn nhất trong tương lai.

Vấn đề nan giải mà hầu hết các doanh nghiệp phải đối mặt trong giai đoạn này là nên chọn giải pháp lò hơi giá rẻ, hiệu suất thấp hay giải pháp đắt tiền hơn và hiệu quả hơn với chi phí vận hành thấp hơn. Nên đánh giá các phương án này một cách cẩn thận và ghi chép đầy đủ bằng văn bản để ban lãnh đạo đưa ra lựa chọn đúng đắn.

Một cân nhắc khác cần được thực hiện trước khi bắt đầu quá trình mua hàng là liệu hệ thống hiện tại trong quá trình sản xuất có phù hợp trong tương lai hay không.

Cách dễ dàng nhất thường là lắp đặt một lò hơi mới mà không cần cân nhắc thêm, nhưng việc khảo sát kỹ hơn có thể phát hiện ra các chiến lược giải pháp thay thế. Do đó, giai đoạn tiền khả thi cần đánh giá kỹ và ghi lại cơ sở thiết kế cho dự án cũng như so sánh các yếu tố khác nhau trong chiến lược giải pháp, ví dụ:

1. Mục đích của dự án là gì?

Điều quan trọng là phải xác định chính xác lý do cần lắp đặt lò hơi mới?

Những lý do phổ biến nhất để bắt đầu một dự án lò hơi là nhu cầu tăng công suất hoặc do công ty gặp phải tình trạng ngừng sản xuất nhiệt nghiêm trọng ở hệ thống lò hơi cũ, không được bảo trì tốt.

Nhưng một lò hơi mới cũng có thể mang lại nhiều lợi ích khác, chẳng hạn như

- Giảm chi phí vận hành (bao gồm năng lượng, nhân sự và bảo trì)
- Tăng tính khả dụng (giảm thời gian ngừng sản xuất do thiếu nguồn cung cấp nhiệt)
- Công suất nhiệt đáp ứng nhu cầu tốt hơn
- Môi trường làm việc được cải thiện
- Giảm phát thải ra môi trường địa phương
- Giảm lượng khí thải các-bon
- Tuân thủ quy định hiện hành
- Giảm rủi ro cung cấp năng lượng
- Giảm rủi ro tăng giá năng lượng
- Giá trị thị trường của sản phẩm tăng do tác động môi trường thấp hơn.

Tổng giá trị của những lợi ích này rất có thể cao hơn giá trị tiết kiệm chi phí năng lượng. Do đó, điều quan trọng là phải xem xét những vấn đề này ngay từ nghiên cứu tiền khả thi và nêu bật những vấn đề được coi là quan trọng nhất.

Tuy nhiên chiến lược sử dụng năng lượng hiệu quả hơn và tiết kiệm chi phí hơn hoặc đạt mục tiêu trung hòa carbon bằng cách loại bỏ dần nhiên liệu hóa thạch cũng có thể là lý do để bắt đầu một dự án.

2. Phạm vi của dự án là gì?

Một dự án lò hơi có thể là một dự án thay thế đơn giản, tức là thay thế một lò hơi cũ. Tuy nhiên, một dự án lò hơi cũng có thể bao gồm một gian lò hơi mới hoàn toàn tại một khu đất mới của cơ sở sản xuất.

Vì vậy, một dự án lò hơi có thể khá toàn diện và sẽ bao gồm các lĩnh vực và công việc kỹ thuật khác nhau để lập kế hoạch và đưa vào dự toán đầu tư.

Trong giai đoạn đầu, phạm vi dự kiến của dự án cần được mô tả để tất cả các bên liên quan biết rõ công việc đang được tiến hành.

3. Nhu cầu công suất gia nhiệt sẽ được đáp ứng (MW)?

Cần thực hiện lập bản đồ chi tiết để xác định nhu cầu công suất nhiệt hiện tại và tương lai của cơ sở, nghĩa là quyết định công suất định mức cho giải pháp lò hơi.

Lò hơi có thể thay thế hệ thống lò hơi hiện có với công suất đã được xác định, nhưng cần tiến hành khảo sát chi tiết và ghi lại bằng văn bản về nhu cầu nhiệt hiện tại và trong tương lai.

Đây không chỉ là hoạt động thu thập dữ liệu về nhu cầu nhiệt hiện tại và tương lai mà còn xem xét các cơ hội tiết kiệm nhiệt, ví dụ như xem xét liệu các phương án thu hồi nhiệt trong các quá trình trọng tâm có thể làm giảm nhu cầu nhiệt hay có thể tận dụng nhiệt thải từ các hệ thống phụ trợ như hệ thống làm mát và hệ thống nén khí - ví dụ như sử dụng bơm nhiệt và các mạng phân phối cục bộ với môi chất gia nhiệt như nước nóng.

4. Lựa chọn nhiên liệu

Như đã nêu ở trên, hầu hết các công ty sẽ có các lựa chọn nhiên liệu khác nhau và chi phí vốn (CAPEX) và chi phí vận hành (OPEX) cho các giải pháp phải được đánh giá cùng với lượng phát thải CO_2 ước tính. Ngoài ra, các vấn đề thực tế để đảm bảo tính khả thi (yêu cầu về không gian, nhân lực, bảo trì, v.v.) đối với các loại nhiên liệu khác nhau cũng phải được đánh giá cẩn thận.

Đối với nhiên liệu tái tạo, cần mô tả mọi lợi ích từ góc độ khách hàng và chuỗi cung ứng cùng với lợi ích dự kiến nhờ giảm chi phí khi giảm phát thải CO_2.

5. Môi chất gia nhiệt thay thế hiệu quả hơn

Lò hơi có thể được lên kế hoạch để cung cấp cho hệ thống hơi hiện có, nhưng vì có thể đạt được hiệu suất lớn khi áp dụng hệ thống phân phối nước nóng, nên cần đánh giá tính khả thi của lò hơi nước nóng và hệ thống phân phối mới.

Các giải pháp như vậy có thể tốn nhiều chi phí hơn do yêu cầu thiết lập hệ thống phân phối mới, nhưng trong suốt vòng đời thiết bị, chi phí vận hành sẽ thấp hơn nhiều so với chi phí đầu tư ban đầu.

Như đã đề cập ở trên, giải pháp như vậy có thể là hệ thống nước nóng cục bộ. Trong một số trường hợp, có thể có lợi từ việc chuyển đổi toàn bộ hệ thống phân phối nhiệt từ hơi sang nước nóng.

6. Giải pháp công nghệ thay thế

Dựa trên phân tích trên, cần xác định các giải pháp cung cấp nhiệt thay thế phù hợp.

Đối với mỗi giải pháp, tổng chi phí sở hữu cần được đánh giá dựa trên ước tính chi phí CAPEX và OPEX. Trong giai đoạn tiền khả thi, ước tính chi phí có thể dựa trên chi phí tham khảo từ các dự án tương tự.

Ngoài ra, các giải pháp công nghệ cần được thảo luận liên quan đến các mục tiêu ưu tiên khác, đặc biệt tập trung vào những tác động lớn hơn. Ví dụ, nếu lượng khí thải các-bon của doanh nghiệp là một thông số quan trọng đối với khả năng cạnh tranh của doanh nghiệp thì nghiên cứu tiền khả thi cần xem xét thông tin về việc lựa chọn công nghệ và nhiên liệu sẽ tác động đến khả năng cạnh tranh của doanh nghiệp.

7. Các yếu tố có liên quan khác của dự án

Bên cạnh các yếu tố ngắn hạn của dự án được liệt kê ở trên, các khía cạnh như yêu cầu về không gian, môi trường và khía cạnh pháp lý của các giải pháp thay thế, v.v. cũng cần được thảo luận cho từng giải pháp thay thế trong giai đoạn tiền khả thi.

Báo cáo tiền khả thi phải mô tả mục đích của dự án, cơ sở thiết kế của dự án, chi phí đầu tư dự kiến (CAPEX) cũng như chi phí vận hành dự kiến (OPEX) cần được đánh giá cho từng giải pháp thay thế được xác định.

Do đó, báo cáo tiền khả thi sẽ mô tả phương án kinh doanh của dự án bao gồm các giải pháp thay thế phù hợp. Phương án kinh doanh sẽ bao gồm việc đánh giá Tổng chi phí sở hữu (TCO) cho các giải pháp thay thế.

Báo cáo sẽ được trình bày để ban lãnh đạo công ty quyết định các bước tiếp theo và thông thường nên bắt đầu trao đổi với ngân hàng về phương án tài chính cho các giải pháp. Một số ngân hàng sẽ có các lựa chọn cho vay và tài chính hấp dẫn cho các giải pháp bền vững, cần được xác định ngay từ giai đoạn đầu của quá trình phát triển dự án vì điều này có thể có tác động đáng kể đến chi phí tài chính, v.v.

Trên cơ sở các cuộc họp với ban lãnh đạo, các bước tiếp theo sẽ được xác định. Phạm vi của dự án sẽ được mô tả trong biên bản kết luận và giai đoạn khả thi được bắt đầu triển khai.

3.2 Giai đoạn khả thi

Mục đích của giai đoạn khả thi là thực hiện thiết kế giải pháp sơ bộ cho giải pháp ưu tiên và lập ngân sách đầu tư tương đối chính xác (CAPEX và OPEX) để ban lãnh đạo công ty có thể phân bổ vốn thực hiện dự án.

Thông tin đầu vào và kiến thức của nhà cung cấp rất quan trọng và hữu ích để thực hiện nghiên cứu khả thi và cũng có thể là thông tin đầu vào để xác định cấu hình của phòng lò hơi và các giải pháp ưu tiên. Hơn nữa, các nhà cung cấp có thể hỗ trợ xác định giá trong ngân sách chính xác hơn.

Nghiên cứu khả thi và Báo cáo khả thi phải bao gồm tất cả những cân nhắc cần thiết để đạt được giải pháp tối ưu nhất và có thể bao gồm các nội dung sau:

- Phạm vi dự án
- Mô tả chi tiết về dự án
- Môi chất (mức nhiệt độ) cần thiết đối với thiết bị tiêu thụ
- Nhiên liệu phù hợp, cần tính đến lượng khí thải CO_2
- Tổng chi phí sở hữu (TCO) tối ưu trong khoảng thời gian 10 năm

- Phân tích tài chính, nghĩa là chi phí đầu tư và vận hành (CAPEX và OPEX)
- Các phương án tài chính
- Đánh giá tác động đến hoạt động của doanh nghiệp
- Đánh giá các tác động khác
- Rủi ro dự án
- Tổng quan về phê duyệt và khung pháp lý
- Kế hoạch thời gian thực hiện
- Cơ cấu tổ chức dự án bao gồm nhà cung cấp được đề xuất
- Khuyến nghị về các bước tiếp theo

Kết quả của nghiên cứu khả thi là báo cáo được sử dụng làm cơ sở để ban lãnh đạo ra quyết định đầu tư.

Trong trường hợp công ty cần nguồn tài chính của ngân hàng, nghiên cứu khả thi sẽ được trình bày cho các ngân hàng để xác định các phương án tài chính phù hợp, trình bày cho ban lãnh đạo như một phần của quy trình phê duyệt CAPEX.

Cuối cùng, nghiên cứu khả thi sẽ được trình bày cho ban lãnh đạo để xin phê duyệt nguồn vốn cho các khoản đầu tư (CAPEX).

3.3 Giai đoạn đấu thầu

Trên cơ sở nghiên cứu khả thi và phê duyệt CAPEX của ban lãnh đạo, quá trình chuẩn bị dự án chi tiết sẽ bao gồm một số giai đoạn.

3.3.1 Xác định phạm vi cuối cùng

Cần xác định phạm vi chính xác của hợp đồng, thường bao gồm các hạng mục sau:

- Lò hơi hoàn chỉnh bao gồm thiết bị phụ trợ
- Ống khói và kết nối với ống khói hiện có
- Kết nối với nguồn cung cấp nhiên liệu hiện có
- Kết nối với nguồn cung cấp hơi hiện có
- Kết nối với nguồn cung cấp nước hiện có bao gồm máy bơm cấp nước mới
- Kết nối với các hệ thống phụ trợ như cửa hút gió, quạt thổi đáy, van an toàn, v.v.
- Kết nối điện
- Hệ thống điều khiển (giao diện với hệ thống điều khiển hiện tại)

- Giao hàng và lắp ráp
- Tấm bảo ôn và tấm ốp
- Sàn và cầu thang bao gồm kết nối với cơ sở hiện tại
- Vận hành chạy thử (phối hợp chặt chẽ với chủ nhà máy)
- Kiểm tra nghiệm thu địa điểm (SAT)
- Vận hành thử nghiệm
- Chuẩn bị tài liệu
- Phê duyệt lắp đặt cần thiết (VD: từ công ty khí)
- Đo đếm phát thải (nếu chủ nhà máy không thực hiện)
- Đo tiếng ồn (nếu chủ nhà máy không thực hiện)
- Phụ tùng thay thế (tùy chọn)

Tùy theo trường hợp cụ thể, có thể cần bao gồm các thiết bị phụ trợ như:

- Hệ thống phân phối (tương tự trong sản xuất)
- Xử lý nước
- Lưu trữ nhiên liệu (sinh khối)
- Bộ xả khí
- Ống khói
- Toà nhà

Trong trường hợp có giải pháp thay thế được ưu tiên lựa chọn – ví dụ như lò hơi nước nóng có hệ thống phân phối nước nóng, danh sách trên sẽ đơn giản hơn nhưng cần bao gồm nội dung xác định và mô tả các giải pháp khác.

3.3.2 Thông số kỹ thuật

Các yêu cầu đối với thiết bị phải được mô tả rõ ràng. Đặc biệt là cần mô tả hiệu suất tổng thể:

Môi trường:

- Khí thải, NO_x, CO, bụi
- Yêu cầu về tiếng ồn

Chức năng hoạt động:

- Xác định (các loại) nhiên liệu

- Vận hành tự động, trong thời gian bao lâu
- Công suất (MW) (và tải tối thiểu)
- Công suất bộ hâm nước
- Áp suất / nhiệt độ
- Nhiệt độ khí thải tối đa (ở mức tải 100%)
- Tổng hiệu suất lò hơi (ở mức tải 100%)
- Thời gian hoạt động

Định nghĩa về cách thức kiểm tra hiệu suất. Cần phải rất cụ thể để tránh tranh luận về phương pháp, thời gian, chọn mẫu, tính toán sau này.

Cần mô tả cách xử lý các sai lệch và những nội dung cần hoàn thành trước khi bắt đầu quá trình bàn giao.

3.3.3 Đảm bảo hiệu suất

Trước khi thiết lập các điều kiện để đảm bảo hiệu suất, điều quan trọng là phải đánh giá các điều kiện vận hành để đảm bảo có thể thực hiện chạy thử.

3.3.4 Hợp đồng dịch vụ

Việc đưa vào hợp đồng các nội dung về phụ tùng và dịch vụ của nhà máy sẽ mang lại mức giá hợp lý cho việc vận hành trong những năm tới.

3.3.5 Ví dụ về đảm bảo hiệu suất

Một ví dụ về đảm bảo hiệu suất cho lò hơi sử dụng khí làm nhiên liệu:

3.3.5.1 Sản lượng đầu ra

Nếu lưu lượng hơi nhỏ hơn lưu lượng được đảm bảo, nhà máy phải được xây dựng lại với chi phí do nhà cung cấp chịu trách nhiệm và sẽ không thực hiện bàn giao trước khi hiệu suất được thẩm định.

3.3.5.2 Hiệu suất lò hơi

- Hiệu suất lò hơi được đo trung bình trong 72 giờ vận hành liên tục ở mức đầy tải.
- Hiệu suất lò hơi được tính như sau:

$$\text{Hiệu suất } [\%] = \frac{\text{Hơi (kg/giờ)} * (\text{entapy của hơi} - \text{entapy của nước cấp (đều tính bằng MJ/kg)}}{\text{Lượng khí (kg/giờ)} * \text{nhiệt trị (MJ/kg)}} \times 100$$

- Hiệu suất trên 98,2% là đạt yêu cầu.
- Nếu hiệu suất nằm trong khoảng từ 98,2 đến 97,5% thì áp dụng mức phạt bằng 1% tổng giá trị hợp đồng cho mỗi 0,1% hiệu suất dưới 98,2%.
- Nếu hiệu suất dưới 97,5%, phải xây dựng lại nhà máy để đáp ứng yêu cầu.

3.3.5.3 Thời gian hoạt động

Thời gian hoạt động phải được chứng minh trong năm vận hành đầu tiên sau khi bàn giao. Thời gian hoạt động được tính như sau:

$$\text{Thời gian hoạt động } [\%] = \frac{8.760 \text{ giờ} - \text{thời gian ngừng hoạt động theo kế hoạch} - \text{thời gian ngừng hoạt động theo kế hoạch}}{8.760 \text{ giờ}} \times 100$$

Áp dụng mức phạt 1% số tiền hợp đồng cho mỗi % thời gian hoạt động dưới 99%.

3.4 Giai đoạn ký hợp đồng

Đánh giá báo giá được thực hiện nhằm hai mục đích chính:

- Xác định sai lệch so với hồ sơ dự thầu
- So sánh các hồ sơ dự thầu để hỗ trợ đàm phán giá

Trong quá trình đánh giá kỹ thuật, cần đánh giá sâu hai báo giá hấp dẫn nhất để đảm bảo rằng không có sự hiểu nhầm và sai lệch trong hồ sơ mời thầu mà chưa được phát hiện rõ ngay lập tức.

Sau bước làm rõ và đàm phán giá cuối cùng, hợp đồng có thể được hoàn thành.

3.5 Các giai đoạn sau của dự án

Điều quan trọng là phải theo dõi chặt chẽ giai đoạn lắp đặt và vận hành thử để giám sát xem các quyết định thiết kế quan trọng trong giai đoạn khả thi và đấu thầu có được tuân thủ hay không.

Phụ lục 1. Danh mục kiểm tra về sử dụng năng lượng hiệu quả trong hệ thống lò hơi đốt dầu và đốt khí

SỬ DỤNG CÔNG SUẤT CỦA LÒ HƠI Lò hơi có hoạt động như thiết kế không?			
Câu hỏi	Thông số kiểm tra	Tổn thất tiềm tàng	Các giải pháp có thể áp dụng
Lò hơi đang vận hành ở mức bằng hoặc gần bằng công suất thiết kế?	Công suất vận hành tính theo % công suất thiết kế.	Tổn thất do vận hành ở công suất thấp có thể lên tới 5% công suất đầy tải và do đó chiếm tỷ lệ lớn nhiên liệu tiêu thụ ở công suất thấp.	Có thể xem xét thay thế bằng lò hơi có công suất thiết kế phù hợp.
KIỂM SOÁT QUÁ TRÌNH ĐỐT CHÁY Có phải toàn bộ nhiên liệu đều được sử dụng hết?			
Câu hỏi	Thông số kiểm tra	Tổn thất tiềm tàng	Các giải pháp có thể áp dụng
Quá trình đốt cháy có đốt cháy hoàn toàn nhiên liệu không?	Tìm kiếm muội hoặc khói đen từ ống khói. Kiểm tra nguồn cấp liệu so với nước cấp để kiểm tra năng lượng.	Tổn thất có thể lên tới 5% và bằng tỷ lệ % nhiên liệu chưa cháy hết.	Lắp đặt thiết bị kiểm soát liên tục tỷ lệ nhiên liệu/không khí.
Không khí đốt có được theo dõi và kiểm soát để đạt được quá trình	Kiểm tra ngọn lửa và sự hiện diện của muội trong lò hơi.	Nhiệt độ khí thải tăng hoặc lượng nhiên liệu chưa cháy hết tăng.	Lắp đặt thiết bị kiểm soát liên tục tỷ lệ nhiên liệu/không khí.

đốt cháy thích hợp không?		Tổn thất có thể lên tới 5% và bằng tỷ lệ % nhiên liệu chưa cháy hết.	
Quá trình đốt cháy có ổn định không? Có sự biến động về nhiệt độ và/hoặc áp suất hơi không?	Kiểm tra áp suất hơi theo thời gian.	Phụ thuộc vào từng trường hợp.	Điều chỉnh điểm đặt nhiệt độ để đảm bảo quá trình vận hành ổn định hơn.
Lò hơi có được bảo trì thường xuyên để tránh tích tụ cặn trong buồng đốt không?	Quan trắc định kỳ buồng đốt. Kiểm tra xem độ sụt áp trên bộ trao đổi nhiệt có tăng lên và vượt quá giá trị thiết kế không.	**Tổn thất tiềm tàng [%]:** Thông lệ tốt nhất: 1% Bình thường: 2% Cần hành động: 5%	Thường xuyên làm sạch bề mặt bộ trao đổi nhiệt để tránh tích tụ nếu có bám bẩn.
Tỷ lệ % oxy (O_2) trong khí thải là bao nhiêu?	Nguyên tắc chung về hàm lượng O_2 trong khí thải là: Khí tự nhiên: 1-3% O_2 Dầu nhiên liệu: 1-3% O_2	**Tổn thất tiềm tàng [%]:** Thông lệ tốt nhất: 1-3% Bình thường: 2-4% Cần hành động: 4-10%	Thực hiện theo hướng dẫn vận hành lò hơi, nếu có.
THU HỒI NHIỆT KHÍ THẢI Mức năng lượng được thu hồi so với mức tiêu thụ nhiên liệu đo được? Năng lượng đầu ra có tương ứng với nhiên liệu cấp vào không?			
Câu hỏi	Thông số kiểm tra	Tổn thất tiềm tàng	Các giải pháp có thể áp dụng

Nhiệt độ của khí thải ra khỏi ống khói là bao nhiêu?	**Nhiệt độ khí thải:** Thông lệ tốt nhất: 80°C Bình thường: 120°C Cần hành động: 150°C	Tổn thất trong khí thải thường có thể lên tới 5% hoặc thậm chí 12-14% nếu có hoạt động ngưng tụ.	Nếu khí thải rất nóng hoặc nóng hơn thông số kỹ thuật thiết kế, hãy cân nhắc việc vệ sinh bộ trao đổi nhiệt.
Lò hơi có được thiết kế để ngưng tụ không và nếu có thì có đạt được sự ngưng tụ không?	Có thể giảm nhiệt độ khí thải không?	Trong các trường hợp tốt nhất, toàn bộ khí thải bị thất thoát có thể thu giữ lại.	Lắp đặt thêm bộ hâm nước và hệ thống để sử dụng năng lượng ở nhiệt độ thấp.
Khí thải có được sử dụng để làm nóng sơ bộ không khí đốt hoặc nước cấp cho lò hơi không?	Có thể giảm nhiệt độ khí thải không? Xem phần trên.	Trong các trường hợp tốt nhất, toàn bộ khí thải bị thất thoát có thể thu giữ lại.	Lắp đặt thêm bộ hâm nước và hệ thống để sử dụng năng lượng ở nhiệt độ thấp.
Nhiều lò hơi có được kết nối với cùng một ống khói không? Nếu có, có van gió trong ống khói để kiểm soát dòng khí thải không?	Tất cả các lò hơi có thể tách khỏi ống khói khi không hoạt động không?	Dưới 1%.	Lắp đặt van gió.

NƯỚC NGƯNG VÀ CHẤT LƯỢNG NƯỚC

Nước ngưng có được thu hồi và sử dụng hiệu quả không?

Việc đảm bảo chất lượng nước và sử dụng nước ngưng có thể ảnh hưởng đến hiệu quả vận hành và tần suất ngừng máy bảo trì. Nếu nước ngưng bị thất thoát, cần có nước bổ sung, được xử lý theo tiêu chuẩn phù hợp để tránh ăn mòn đường ống và bộ trao đổi nhiệt trong lò hơi.

Câu hỏi	Thông số kiểm tra	Tổn thất tiềm tàng	Các giải pháp có thể áp dụng
Toàn bộ nước ngưng có thể hồi lưu?	Nếu lượng nước ngưng sạch được hồi lưu trừ đi lượng hơi được sử dụng trực tiếp dưới mức 80% thì cần phải hành động.	Tổn thất 10% nước ngưng làm giảm hiệu suất lò hơi 1%.	Theo dõi liên tục tỷ lệ phần trăm nước ngưng được tái sử dụng và kiểm tra hệ thống lắp đặt nếu tỷ lệ này giảm.
Tỷ lệ nước được thải ra để xả đáy so với nước cấp là bao nhiêu?	Kiểm tra tốc độ xả đáy ứng với sản lượng hơi.	**Tổn thất tiềm tàng:** Thông lệ tốt nhất: 3% Bình thường: 3% Cần hành động: 5%	Tỷ lệ xả đáy cao có thể cho thấy việc xử lý nước cấp không hiệu quả hoặc giám sát chất lượng nước cấp chưa đầy đủ nếu mức xả đáy cố định.
Bẫy hơi có được quan trắc định kỳ không?	Bẫy hơi cần được kiểm tra định kỳ. Tổn thất phụ thuộc vào áp suất hơi. **Số lượng sự cố bẫy hơi:** Thông lệ tốt nhất: 5% Bình thường: 15% Cần hành động: 30%	Tổn thất trong hệ thống phân phối hơi có thể lên tới 10% tổng tải nhiệt nếu bẫy hơi không hoạt động tốt.	Theo dõi liên tục chức năng hoạt động của các bẫy hơi (mức độ tiếng ồn, nhiệt độ).
Có thu hồi nhiệt từ hỗn hợp không khí-hơi từ thiết bị khử khí không?	Nhiệt từ hỗn hợp không khí-hơi thoát ra từ thiết bị khử khí thể	Tổn thất lên tới 0,5%.	Nếu có lượng hơi đáng kể bị xả bỏ, nên lắp đặt hệ thống thu hồi nhiệt.

	hiện sự thất thoát liên tục. Nếu nước ngưng là 3 bara, có thể thu hồi được 30% năng lượng. Nếu nước ngưng là 10 bara, có thể thu hồi 50% năng lượng.		
TIÊU CHUẨN BẢO ÔN Lò hơi và các thiết bị đi kèm có được bảo ôn đúng cách không? Đảm bảo tiêu chuẩn bảo ôn tốt giúp giảm tổn thất và cải thiện môi trường làm việc			
Câu hỏi	Thông số kiểm tra	Tổn thất tiềm tàng	Các giải pháp có thể áp dụng
Tất cả các bề mặt của lò hơi và các ống dẫn đi kèm có được bảo ôn đúng cách – cả mặt sau và mặt trên không?	Giữ nhiệt độ bề mặt dưới 50°C vì lý do an toàn và nhằm giảm thất thoát nhiệt. **Nhiệt độ bề mặt:** Thông lệ tốt nhất: 35-40°C Bình thường: 40-50°C Cần hành động: > 50°C	1-5% tùy theo nhiệt độ bề mặt đo được.	Thực hiện bảo ôn hoàn toàn. Tại các van, v.v., các giải pháp có thể tháo dỡ như các miếng đệm sẽ được sử dụng.
Tất cả các đường ống, van và phụ kiện trong gian lò hơi có được bảo ôn đúng cách không?	Kiểm tra mức độ bảo ôn của tất cả các đường ống, van và phụ kiện trong gian lò hơi.	1-5% tùy theo nhiệt độ bề mặt đo được. Trong hệ thống phân phối hơi, nhiệt độ bề mặt có thể	Thực hiện bảo ôn hoàn toàn. Tại các van, v.v., các giải pháp có thể tháo dỡ như các

		cao hơn 100°C, do đó tạo ra tổn thất đáng kể.	miếng đệm sẽ được sử dụng.

Phụ lục 2. Danh mục kiểm tra về sử dụng năng lượng hiệu quả trong hệ thống lò hơi đốt nhiên liệu rắn

SỬ DỤNG NHIÊN LIỆU Nhiên liệu có thể được cải thiện?			
Câu hỏi	Thông số kiểm tra	Tổn thất tiềm tàng	Các giải pháp có thể áp dụng
Độ ẩm của nhiên liệu có đúng như thiết kế của lò hơi không?	**Kiểm tra độ lệch so với thiết kế về độ ẩm**: Thông lệ tốt nhất: 0% điểm Bình thường: 0-10% điểm Cần hành động: 15-20% điểm	Tổn thất có thể lên tới 10%.[15]	Xác định nguồn nhiên liệu theo như thiết kế của lò hơi hoặc lưu trữ nhiên liệu ở điều kiện có mái che để tránh bị ngấm nước mưa.
Lò hơi có hoạt động với kích thước hạt nhiên liệu được thiết kế không?	Kiểm tra kích thước nhiên liệu so với thiết kế.	Theo từng trường hợp.	Đảm bảo nhiên liệu được mua theo kích thước hạt được thiết kế.
SỬ DỤNG CÔNG SUẤT CỦA LÒ HƠI Lò hơi có hoạt động như thiết kế không?			
Câu hỏi	Thông số kiểm tra	Tổn thất tiềm tàng	Các giải pháp có thể áp dụng
Lò hơi đang vận hành ở mức bằng hoặc gần bằng công suất thiết kế?	Công suất vận hành tính theo % công suất thiết kế. Tìm kiếm muội hoặc khói đen từ ống khói. Kiểm tra nguồn cấp liệu so với nước cấp để kiểm tra năng lượng.	Tổn thất khi vận hành ở mức tải thấp có thể lên tới 5% công suất đầy tải.	Giải pháp cần xem xét: thay bằng lò hơi có công suất thiết kế phù hợp.

[15]Nguồn: BREF về các hệ thống đốt lớn, Bảng 5.44

KIỂM SOÁT QUÁ TRÌNH ĐỐT CHÁY Có phải toàn bộ nhiên liệu đều được sử dụng hết?			
Câu hỏi	Thông số kiểm tra	Tổn thất tiềm tàng	Các giải pháp có thể áp dụng
Quá trình đốt cháy có đốt cháy hoàn toàn nhiên liệu không?	Quan trắc tổng lượng carbon hữu cơ (TOC) của tro xỉ. **Hàm lượng TOC:** Thông lệ tốt nhất: 3-5% Bình thường: 5-6% Cần hành động: 7+% Tìm kiếm muội hoặc khói đen từ ống khói. Kiểm tra nguồn cấp nhiên liệu so với nước cấp để kiểm tra năng lượng.	Lên tới 5% lượng nhiên liệu và cao hơn trong các trường hợp cực đoan.	Hàm lượng TOC cao trong tro cho thấy quá trình đốt cháy không hiệu quả. Điều chỉnh luồng không khí và/hoặc thời gian lưu nhiên liệu để cải thiện điều kiện đốt cháy.
Không khí sơ cấp và thứ cấp có được theo dõi và kiểm soát để đốt cháy hiệu quả không?	Quan trắc lưu lượng khí không khí sơ cấp và thứ cấp và đảm bảo tuân theo thiết kế và vận hành ổn định.	1-3%	Lắp đặt hệ thống kiểm soát tự động.
Nếu lò hơi được thiết kế với hệ thống tuần hoàn thì nên sử dụng để tránh ăn mòn và đảm bảo vận hành đúng theo hướng dẫn vận hành.	So sánh dữ liệu vận hành với dữ liệu thiết kế.	Tùy từng trường hợp.	Tuân thủ các tiêu chí thiết kế.

Quá trình đốt cháy có ổn định không? Có sự biến động về nhiệt độ và/hoặc áp suất hơi nước không?	Kiểm tra áp suất hơi theo thời gian.	Tùy từng trường hợp.	Đối với sinh khối, giải pháp đảm bảo đồng nhất nhiên liệu đầu vào có thể là giải pháp phù hợp. Điều chỉnh các thông số theo các tiêu chí thiết kế.
Lò hơi có được bảo trì thường xuyên để tránh tích tụ cặn trong buồng đốt không?	Theo dõi liên tục và nhiệt độ khí thải không được vượt quá 40°C.	Tổn thất tiềm tàng [%]: Thông lệ tốt nhất: 1% Bình thường: 2% Cần hành động: 5%	Làm sạch bằng hơi nước trong quá trình vận hành và làm sạch toàn bộ khi ngừng vận hành máy để bảo dưỡng.
Tỷ lệ % oxy (O_2) trong khí thải là bao nhiêu?	Thực hiện theo hướng dẫn vận hành lò hơi, nếu có. **Tỷ lệ % O_2 trong khí thải**: Thông lệ tốt nhất: 3-4% Bình thường: 5-7% Cần hành động: >8%	Tổn thất tiềm tàng [%]: Thông lệ tốt nhất: 2-4% Bình thường: 4-6% Cần hành động: 6-8%	Kiểm soát tự động mức oxy.

THU HỒI NHIỆT KHÍ THẢI
Mức năng lượng được thu hồi so với mức tiêu thụ nhiên liệu đo được? Năng lượng đầu ra có tương ứng với nhiên liệu cấp vào không?

Câu hỏi	Thông số kiểm tra	Tổn thất tiềm tàng	Các giải pháp có thể áp dụng
Nhiệt độ của khí thải ra khỏi ống khói là bao nhiêu?	Nhiệt độ khí thải ở mức càng thấp càng tốt. **Nhiệt độ khí thải:** Thông lệ tốt nhất: 50-80°C Bình thường: 80-160°C Cần hành động: Trên 160°C	Lên tới 10% nếu có thể ngưng tụ khí thải.	Bổ sung thêm một tầng cho bộ hâm nước.
Lò hơi có được thiết kế để ngưng tụ không và nếu có thì có đạt được sự ngưng tụ không?	Có nước ngưng khi thu hồi lượng nhiệt lớn ở nhiệt độ thấp không? Phụ thuộc vào lò hơi và bộ tản nhiệt.	Có thể thu hồi tới 10% nhiệt.	Bổ sung thêm một tầng cho bộ hâm nước. Đòi hỏi nhu cầu nhiệt ở nhiệt độ thấp.
Khí thải có được sử dụng để gia nhiệt sơ bộ không khí đốt hoặc nước cấp cho lò hơi không?	Quan trắc nhiệt độ khí thải. Theo dõi các thông số của khí thải - xem phần trên.	Lên tới 10% nếu có thể ngưng tụ khí thải.	Bổ sung thêm một tầng cho bộ hâm nước.
Nhiều lò hơi có được kết nối với cùng một ống khói không? Nếu có, có van gió trong ống khói để kiểm soát dòng khí thải không?	Tất cả các lò hơi đều có thể tách khỏi ống khói khi không hoạt động không?	Dưới 1%	Lắp van gió.

NƯỚC NGƯNG VÀ CHẤT LƯỢNG NƯỚC
Nước ngưng có được thu hồi và sử dụng hiệu quả không?
Việc đảm bảo chất lượng nước và sử dụng nước ngưng có thể ảnh hưởng đến hiệu quả vận hành và tần suất ngừng máy bảo trì. Nếu nước ngưng bị thất thoát, cần có nước bổ sung, được xử lý theo tiêu chuẩn phù hợp để tránh ăn mòn đường ống và bộ trao đổi nhiệt trong lò hơi.

Câu hỏi	Thông số kiểm tra	Tổn thất tiềm tàng	Các giải pháp có thể áp dụng
Toàn bộ nước ngưng có thể hồi lưu không?	Nếu lượng nước ngưng sạch được hồi lưu trừ đi lượng hơi được sử dụng trực tiếp dưới mức 80% thì cần phải hành động.	Tổn thất 10% nước ngưng làm giảm hiệu suất lò hơi 1%.	Theo dõi liên tục tỷ lệ phần trăm nước ngưng được tái sử dụng và kiểm tra hệ thống lắp đặt nếu tỷ lệ này giảm.
Tỷ lệ nước được thải ra để xả đáy so với nước cấp là bao nhiêu?	Kiểm tra tốc độ xả đáy ứng với sản lượng hơi.	**Tổn thất tiềm tàng [%]:** Thông lệ tốt nhất: 1% Bình thường: 3% Cần hành động: 5%	Đảm bảo xử lý đủ nước cấp và quan trắc đầy đủ chất lượng nước cấp nếu thực hiện xả đáy theo lịch cố định.
Bẫy hơi có được quan trắc định kỳ không?	Bẫy hơi cần được kiểm tra định kỳ. Tổn thất phụ thuộc vào áp suất hơi. **% tổn thất của bẫy hơi dưới đây:** Thông lệ tốt nhất: 5% Bình thường: 15% Cần hành động: 30%	Tổn thất do bẫy hơi không hoạt động có thể lên tới 10%.	Bẫy hơi bị rò rỉ cần được bảo trì hoặc thay thế để giảm tổn thất hệ thống hơi.

Có thu hồi nhiệt từ hỗn hợp không khí-hơi từ thiết bị khử khí không?	Phụ thuộc vào lưu lượng hơi thoát ra và áp suất hơi. Nếu nước ngưng là 3 bara, có thể thu hồi được 30% năng lượng. Nếu nước ngưng là 10 bara, có thể thu hồi 50% năng lượng.	Lên tới 0,5%.	Nếu có lượng hơi đáng kể bị xả bỏ, nên lắp đặt hệ thống thu hồi nhiệt.
Chất lượng nước có tuân theo các thông số kỹ thuật thiết kế để tránh đóng cặn và xói mòn trong bộ trao đổi nhiệt không?	Nếu chất lượng nước không đạt tiêu chuẩn, tuổi thọ của lò hơi sẽ giảm do bị ăn mòn dẫn đến hiệu suất vận hành giảm.	Tùy từng trường hợp.	Cần theo dõi chu trình hơi đầy đủ và liên tục.
TIÊU CHUẨN BẢO ÔN Lò hơi và các thiết bị đi kèm có được bảo ôn đúng cách không? Đảm bảo tiêu chuẩn bảo ôn tốt giúp giảm tổn thất và cải thiện môi trường làm việc			
Câu hỏi	Thông số kiểm tra	Tổn thất tiềm tàng	Các giải pháp có thể áp dụng
Tất cả các bề mặt của lò hơi và các ống dẫn đi kèm có được bảo ôn đúng cách – cả mặt sau và mặt trên không?	Giữ nhiệt độ bề mặt dưới 50°C vì lý do an toàn và nhằm giảm thất thoát nhiệt. **Nhiệt độ bề mặt:** Thông lệ tốt nhất: 35-40°C Bình thường: 40-50°C Cần hành động: > 50°C	1-5% tùy theo nhiệt độ bề mặt đo được.	Thực hiện bảo ôn hoàn toàn. Tại các van, v.v., các giải pháp có thể tháo dỡ như các miếng đệm sẽ được sử dụng.
Tất cả các đường ống, van và phụ kiện trong gian lò hơi có được bảo	Kiểm tra mức độ bảo ôn của tất cả các đường ống, van và phụ kiện trong gian lò hơi.	1-5% tùy theo nhiệt độ bề mặt đo được.	Thực hiện bảo ôn hoàn toàn. Tại các van, v.v., các giải pháp có

ôn đúng cách không?		Trong hệ thống phân phối hơi, nhiệt độ bề mặt có thể cao hơn 100°C, do đó tạo ra tổn thất đáng kể.	thể tháo dỡ như các miếng đệm sẽ được sử dụng.

Phụ lục 3. Một số nhà cung cấp lò hơi đốt dầu và đốt khí trong nước và quốc tế

Dưới đây là thông tin tổng quan về các nhà cung cấp trong nước và quốc tế có thể cung cấp các giải pháp công nghệ tốt nhất hiện có (BAT) cho lò hơi công nghiệp đốt dầu và đốt khí tại Việt Nam.

	Tên công ty	Địa chỉ nhà máy	Công suất tối đa có thể sản xuất, hiệu suất thiết kế (tấn/giờ) (%)
Nhà cung cấp trong nước			
1	Công ty Cổ phần Cơ khí Môi trường Nam An (Được đảm bảo theo BAT)	Nhà máy 1: Đường TS8, Khu công nghiệp Tiên Sơn, Huyện Tiên Du, Tỉnh Bắc Ninh Nhà máy 2: Cụm công nghiệp Kỳ Sơn, Xã Ngọc Sơn, Huyện Tứ Kỳ, Tỉnh Hải Dương Nhà máy 3: Xã Yên Phụ, Huyện Yên Mỹ, Tỉnh Hưng Yên	50 tấn/giờ
2	Công ty Cổ phần Lò hơi Việt Nam (VBC)	Tổ 18, Thị trấn Đông Anh, Huyện Đông Anh, Hà Nội	50 tấn/giờ và 90%
3	Công ty TNHH Bách Khoa Á Châu - Apolytech	Số 10, Ấp 2, Xã Nhựt Chánh, Huyện Bến Lức, Tỉnh Long An	60 tấn/giờ (88% - 92%)
4	Công ty TNHH Công nghệ Cơ - Nhiệt - Điện và Xây lắp	Nhà máy 1: Cụm công nghiệp Cảnh Hậu, Lâm Hà, Kiến An, Hải Phòng Nhà máy 2: Đường Phương Khê, Lâm Hà, Kiến An, Hải Phòng	15 tấn/giờ ≥85%

	Tên công ty	Địa chỉ nhà máy	Công suất tối đa có thể sản xuất, hiệu suất thiết kế (tấn/giờ) (%)
5	Công ty Cổ phần Mạc Tích	Khu công nghiệp Nhơn Trạch III- Tỉnh Đồng Nai	500 tấn/giờ 96%
6	Công ty Cổ phần Lò hơi Công nghiệp Đông Anh	Tổ 21, Thị trấn Đông Anh, Huyện Đông Anh, Hà Nội	5 tấn/giờ 90%
7	Công ty Cổ phần Thiết bị Áp lực Bách Khoa	Số 15 Tạ Quang Bửu, Phường Bách Khoa, Quận Hai Bà Trưng, Hà Nội	2 tấn/giờ 95%
8	Công ty TNHH Maruse Engineering Việt Nam	Tầng 1, Kiosk số 03, Tòa nhà N09B1, KĐT Dịch Vọng, Phường Dịch Vọng, Quận Cầu Giấy, Hà Nội	2 tấn/giờ 96%
9	Công ty Cổ phần Thiết bị Áp lực Đông Anh	Km 2,5 Quốc lộ 3, thôn Đồng Đậu, xã Đức Tú, huyện Đông Anh, TP Hà Nội	12 tấn/giờ 90%
10	Công ty TNHH Thiết bị Nhiệt hơi Đức Dương	Nhà máy: Khu công nghiệp xã Đồng Tháp, Huyện Đan Phượng, Hà Nội	15 tấn/giờ ≥ 85%
Nhà cung cấp quốc tế			
11	Forbes Mar-shall (Ấn Độ)	Văn phòng Đại diện Forbes Marshall Private Limited tại Thành phố Hà Nội 1624-B 62, CSC Việt Nam, T16, Tháp ICON4, 243A Đê La Thành, Phường Láng Thượng, Quận Đống Đa, Hà Nội Số điện thoại +84 909880218	25 tấn/giờ 94%

	Tên công ty	Địa chỉ nhà máy	Công suất tối đa có thể sản xuất, hiệu suất thiết kế (tấn/giờ) (%)
12	Thermax (Ấn Độ)	1624-B 62, CSC Việt Nam, T16, Tòa nhà ICON4, 243A Đê La Thành, Phường Láng Thượng, Quận Đống Đa, Hà Nội	500 tấn/giờ
13	Hyundai Heavy Industries Power Systems	Số điện thoại: +84 909880218	350 tấn/giờ
14	Spirax Sarco	Spirax Sarco Việt Nam Tầng 4, Tháp Nam Sông Tiền, 180 Nguyễn Văn Trỗi, Quận Phú Nhuận, Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam Tel: +84 028 3997 6000 Fax: +84 028 3997 6062 Spirax.vietnam@vn.spiraxsarco.com	

Phụ lục 4. Một số nhà cung cấp lò hơi đốt nhiên liệu rắn trong nước và quốc tế

Dưới đây là thông tin tổng quan về các nhà cung cấp trong nước và quốc tế có thể cung cấp các giải pháp công nghệ tốt nhất hiện có (BAT) cho lò hơi công nghiệp sử dụng nhiên liệu rắn tại Việt Nam.

STT	Tên công ty	Địa chỉ nhà máy	Công suất tối đa có thể sản xuất, hiệu suất thiết kế		
			Lò hơi ghi tĩnh (tấn/giờ) (%)	Lò hơi ghi xích (tấn/giờ) (%)	Lò hơi tầng sôi (tấn/giờ) (%)
Nhà cung cấp trong nước					
1	Công ty Cổ phần Cơ khí Môi trường Nam An (Được đảm bảo theo BAT)	Nhà máy 1: Đường TS8, Khu công nghiệp Tiên Sơn, Huyện Tiên Du, Tỉnh Bắc Ninh Nhà máy 2: Cụm công nghiệp Kỳ Sơn, Xã Ngọc Sơn, Huyện Tứ Kỳ, Tỉnh Hải Dương Nhà máy 3: Xã Yên Phụ, Huyện Yên Mỹ, Tỉnh Hưng Yên	9	75	200
2	Công ty Cổ phần Lò hơi Việt Nam (VBC)	Tổ 18, Thị trấn Đông Anh, Huyện Đông Anh, Hà Nội	10 tấn/giờ và 75%	50 tấn/giờ và 78%	50 tấn/giờ và 83%

STT	Tên công ty	Địa chỉ nhà máy	Công suất tối đa có thể sản xuất, hiệu suất thiết kế		
			Lò hơi ghi tĩnh (tấn/giờ) (%)	Lò hơi ghi xích (tấn/giờ) (%)	Lò hơi tầng sôi (tấn/giờ) (%)
3	Công ty TNHH Bách Khoa Á Châu - Apolytech	Số 10, Ấp 2, Xã Nhựt Chánh, Huyện Bến Lức, Tỉnh Long An	15 tấn/giờ (70%)	30 tấn/giờ (83%-85%)	80 tấn/giờ (85 -87 %)
4	Công ty TNHH Công nghệ Cơ - Nhiệt - Điện và Xây lắp	Nhà máy 1: Cụm công nghiệp Cảnh Hậu, Lâm Hà, Kiến An, Hải Phòng Nhà máy 2: Đường Phương Khê, Lâm Hà, Kiến An, Hải Phòng	8 tấn/giờ ≥75%	30 tấn/giờ ≥78%	50 tấn/giờ ≥85%
5	Công ty Cổ phần Mạc Tích	Khu công nghiệp Nhơn Trạch III- Tỉnh Đồng Nai		150 tấn/giờ ≥85%	300 tấn/giờ ≥87%
6	Công ty Cổ phần Lò hơi Công nghiệp Đông Anh	Tổ 21, Thị trấn Đông Anh, Huyện Đông Anh, TP Hà Nội		3 tấn/giờ 74-78%	10 tấn/giờ 84-86%
7	Công ty Cổ phần Thiết bị Áp lực Bách Khoa	Số 15 Tạ Quang Bửu, P. Bách Khoa, Q. Hai Bà Trưng, Hà Nội	6 tấn/giờ 80%		

STT	Tên công ty	Địa chỉ nhà máy	Công suất tối đa có thể sản xuất, hiệu suất thiết kế		
			Lò hơi ghi tĩnh (tấn/giờ) (%)	Lò hơi ghi xích (tấn/giờ) (%)	Lò hơi tầng sôi (tấn/giờ) (%)
8	Công Ty TNHH Cơ Khí Nhiệt Đại Cường	555A Trường Chinh, P. An Khê, Q. Thanh Khê, TP. Đà Nẵng	6 tấn/giờ 85%	20 tấn/giờ 83%	30 tấn/giờ 86%
9	Công Ty Cổ phần Thiết bị Áp lực Đông Anh	Km 2,5 Quốc lộ 3, Thôn Đồng Đậu, Xã Đức Tú, Huyện Đông Anh, Hà Nội		50 tấn/giờ 78%	30 tấn/giờ 86%
10	Công Ty TNHH Thiết bị Nhiệt hơi Đức Dương	Nhà máy: Khu công nghiệp xã Đồng Tháp, Huyện Đan Phượng, Hà Nội		30 tấn/giờ ≥78%	
11	Công ty TNHH Tập Đoàn DIVI	Văn phòng: 588 Phạm Văn Chiêu, Phường 16, Quận Gò Vấp, TP. HCM Nhà máy: Đường Khánh Bình 10, Khu phố Khánh Vân, Phường Khánh Bình, Tân Uyên, Bình Dương			70 tấn/giờ 89%
Nhà cung cấp quốc tế					
12	Thermax (Ấn Độ)	Thermax Limited Tòa nhà Vista, 628 C, Xa lộ Hà Nội, Tầng 3, Không gian	300 tấn/giờ	300 tấn/giờ	

STT	Tên công ty	Địa chỉ nhà máy	Công suất tối đa có thể sản xuất, hiệu suất thiết kế		
			Lò hơi ghi tĩnh (tấn/giờ) (%)	Lò hơi ghi xích (tấn/giờ) (%)	Lò hơi tầng sôi (tấn/giờ) (%)
		làm việc chung Toong, Phường An Phú, Quận 2, Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam Điện thoại: +84 24 3926 3888 Số máy lẻ: 1062			
13	Bab-cock & Wilcox Vølund	Công ty TNHH Babcock & Wilcox Việt Nam Tầng 14, Tháp 1, Trung tâm Sài Gòn, 65 Lê Lợi, Phường Bến Nghé, Quận 1, Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam Điện thoại: +84 28 3971 9395			544 tấn/giờ
14	Valmet	Công ty TNHH Valmet Số 106 Nguyễn Văn Trỗi, Phường 08, Quận Phú Nhuận, TP. HCM, Việt Nam			400 MW_{th} 90%

STT	Tên công ty	Địa chỉ nhà máy	Công suất tối đa có thể sản xuất, hiệu suất thiết kế		
			Lò hơi ghi tĩnh (tấn/giờ) (%)	Lò hơi ghi xích (tấn/giờ) (%)	Lò hơi tầng sôi (tấn/giờ) (%)
15	Andritz	Công ty TNHH Andritz Việt Nam Phòng 1410, Số 360 Kim Mã, Phường Ngọc Khánh, Quận Ba Đình, Hà Nội.			450 tấn/giờ

CỤC ĐỔI MỚI SÁNG TẠO, CHUYỂN ĐỔI XANH VÀ KHUYẾN CÔNG BỘ CÔNG THƯƠNG

54 Hai Bà Trưng, phường Cửa Nam, Hà Nội
024. 2220 5528