

KẾT CẤU NỒI HƠI TẬN DỤNG NHIỆT KHÍ XẢ KIỂU MODUYN MODULAR EXPLEED AIR – HEAT – USING BOILER DESIGN

ThS. NGUYỄN NGỌC HẢI
Sở LĐTBXH TP. Hồ Chí Minh
GS.TS. LÊ VIỆT LƯỢNG
Khoa Đóng tàu, Trường ĐHHH

Tóm tắt:

Nội dung bài báo trình bày một dạng nồi hơi tận dụng nhiệt khí xả có kết cấu kiểu moduyn. Loại nồi hơi này có kết cấu hợp lý, thuận tiện cho việc chế tạo, lắp ráp, sửa chữa, có khả năng giảm chi phí chế tạo, nhưng vẫn đảm bảo tốt khả năng đáp ứng công suất, thông số hơi và chất lượng hơi.

Abstract:

The content of the article presents a kind of modular boiler using heat from expelled air. This kind of boiler has a rational structure, convenient for manufacture, installation, repair, able to reduce manufacture price, but it has fairly good ability to satisfy the capacity, air parameter and air quality.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Để tăng hiệu suất của hệ thống động lực tàu thủy, người ta đã và đang triển khai các biện pháp giảm suất tiêu hao nhiên liệu có ích đối với động cơ chính, như: cải tiến chong chóng, tìm tuyến hình tối ưu của thân tàu và tận dụng nhiệt thải của động cơ. Nhờ đó giảm chi phí khai thác, nâng cao lợi thế cạnh tranh trong ngành vận tải biển. Tận dụng nhiệt thải động cơ đang là một hướng đi phổ biến đối với ngành công nghiệp đóng tàu trên thế giới.

Ở Việt Nam hiện nay ngành công nghiệp đóng tàu không chỉ đóng để phục vụ vận tải trong nước mà còn xuất khẩu cho thị trường quốc tế. Để giảm giá thành chế tạo không chỉ dừng lại ở chỗ khai thác hiệu quả các thiết bị tận dụng nhiệt thải do nước ngoài chế tạo sẵn, mà cần phải đi sâu vào nghiên cứu để tự chế tạo ra các thiết bị tận dụng nhiệt thải và các thiết bị khác của hệ thống động lực tàu thủy một cách hiệu quả nhất, giá thành và mọi điều kiện khác phải phù hợp với điều kiện thực tế tại Việt Nam.

Một trong những thiết bị tận dụng nhiệt thải của hệ thống động lực tàu thủy đó là nồi hơi tận dụng khí xả của động cơ diesel, dùng để cấp nhiệt cho việc hâm dầu đốt, sinh hoạt cho thuyền viên v.v, và các công dụng khác trên tàu. Ở nước ta, theo kết quả thống kê cho thấy, nếu kể cả trên bộ và dưới tàu thủy hiện có khoảng 5000 chiếc nồi hơi và hàng năm phải bỏ sung, thay thế hàng trăm chiếc, thế nhưng tất cả đều nhập khẩu hoặc chế tạo theo mẫu của nước ngoài. Đã đến lúc cần phải và có thể tự thiết kế, chế tạo để thỏa mãn nhu cầu đang phát triển ngày càng nhanh của thời kỳ công nghiệp hóa hiện đại hóa nước nhà. Muốn vậy, cần phân tích đánh giá một cách khoa học, toàn diện những loại nồi hơi khí xả đang sử dụng để lựa chọn những mẫu thích hợp, trên cơ sở kế thừa những ưu điểm, khắc phục những khuyết điểm, thiết kế được mẫu mới có nhiều ưu điểm, hiệu quả hơn để tự chế tạo, tự trang bị phù hợp với nhu cầu của chúng ta.

Vì vậy nghiên cứu thiết kế mẫu nồi hơi hợp lý để có thể tự chế tạo trong nước là cần thiết và góp phần tăng tỷ lệ nội địa hóa ngành công nghiệp đóng tàu của Việt Nam hiện nay.

2. KẾT CẤU MẪU NỒI HƠI KHÍ XẢ KIỂU MODUYN

Trên cơ sở phân tích, đánh giá các loại nồi hơi khí xả đang sử dụng chúng tôi thiết kế sơ bộ mẫu nồi hơi khí xả ống nước tuần hoàn tự nhiên cải tiến có kết cấu kiểu moduyn biểu diễn trên hình 1, nội dung bài báo này chỉ tập trung phân tích đánh giá mẫu nồi hơi khí xả này. Từ đó xây dựng một phương án kết cấu hợp lý nhất để chế tạo.

Kết cấu nồi hơi kiểu moduyn có hai bộ phận chủ yếu sau đây:

- *Dàn ống sinh hơi:*

Dàn ống sinh hơi là bộ phận chủ yếu của mẫu nồi hơi biểu diễn trên hình 1. Dàn ống sinh hơi gồm có nhiều dàn ống ghép lại, số lượng dàn ống tùy thuộc vào công suất của nồi hơi. Mỗi dàn ống do nhiều ống lên tạo thành, có đường kính ngoài từ 34mm đến 63mm đầu trên nối với ống góp trên, đầu dưới nối với ống góp dưới có đường kính khoảng 60mm đến 90mm. Để tăng cường khả năng trao đổi nhiệt các ống nước đều được gắn các cánh truyền nhiệt.

Ống góp trên nối với balông trên, ống góp dưới nối với balông dưới (ống góp nước). Ống góp trên nối với balông trên bằng mặt bích thuận tiện cho việc lắp ráp và sửa chữa nồi hơi. Ống góp dưới hai đầu đều có mặt bích để có thể làm vệ sinh cấu cặn bằng cơ khí hoặc thải cấu cặn ra khi làm vệ sinh bằng hóa học, mặt khác mặt bích phía đối diện nối với balông dưới nên thuận tiện cho việc lắp ráp và sửa chữa. Balông dưới có lắp van xả đáy để xả cặn định kỳ trong khi vận hành. Cả balông trên và dưới đặt ngoài đường khói, nối với nhau bằng ống xuống, cùng với dàn ống lên tạo thành mạch vòng tuần hoàn tự nhiên khép kín. Số lượng ống lên trong một dàn ống cũng tùy thuộc vào công suất của nồi hơi. Balông dưới có đường kính khoảng 200 ~ 300 mm, balông trên dạng kép có đường kính khoảng từ 300mm đến 450 mm tùy thuộc công suất của nồi hơi, nối với nhau bằng hai ống hơi lên và một ống nước xuống, vừa làm nhiệm vụ phân ly hơi nhằm đảm bảo chất lượng hơi, vừa làm nhiệm vụ ổn định thông số hơi khi phụ tải thay đổi.

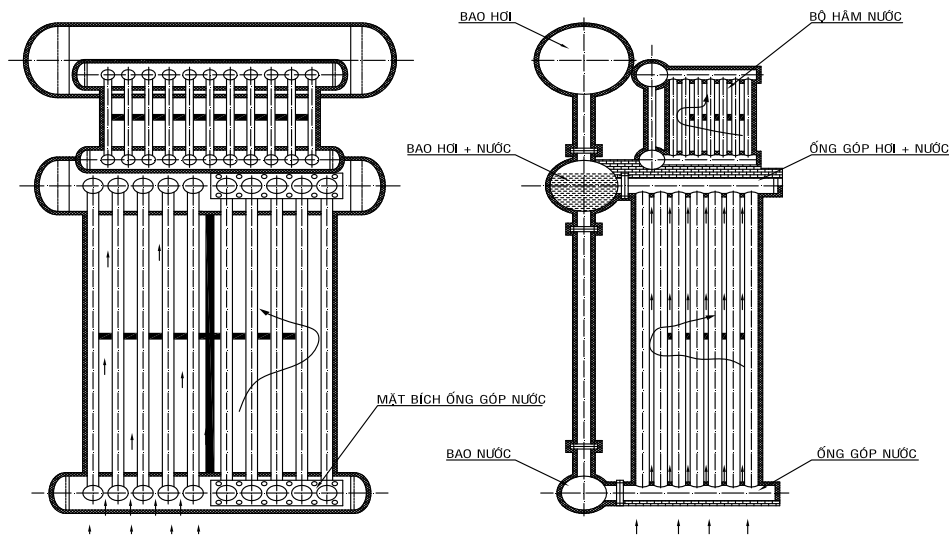
Giữa các ống lên có bố trí một số vách chắn để kéo dài đường đi của khói nhằm tăng cường truyền nhiệt, nhưng phải đảm bảo sức cản khí động cho phép của nồi hơi trong khoảng: $h_k = 150\text{mmH}_2\text{O}$ đến $400\text{mmH}_2\text{O}$.

Để giảm bớt tổn thất nhiệt ra môi trường xung quanh, những hàng ống lên ngoài cùng có thể hàn thêm cánh dọc.

Phía ngoài balông trên, dưới và cả ống xuống đều bọc cách nhiệt. Lưu ý là ống xuống bọc cách nhiệt không chỉ có tác dụng làm giảm tổn thất ra môi trường xung quanh mà còn có lợi cho tuần hoàn tự nhiên trong dàn ống sinh hơi nữa, vì khi ống xuống bọc cách nhiệt, nhiệt độ nước vào dàn ống sinh hơi cao hơn, bay hơi sớm hơn, hỗn hợp nước và hơi nhẹ hơn, tốc độ chuyển động trong ống lên lớn hơn. Thể tích của loại nồi hơi này giảm so với các loại nồi hơi hiện có khoảng từ 10% đến 20%.

- Bộ hâm nước

Đây là bộ phận quan trọng nhưng đối với các nồi hơi công suất nhỏ ít sử dụng. Bộ hâm nước có cấu tạo tương tự như dàn ống sinh hơi, cũng có ống lên nhận nhiệt và ống xuống không nhận nhiệt tạo thành vòng tuần hoàn tự nhiên, nhưng vì trong bộ hâm nước không có hơi nước với thể tích riêng rất lớn như trong dàn ống sinh hơi nên dùng đường kính trong ống nhỏ hơn, khoảng 27mm ~ 34mm.



Hình 1. Sơ đồ kết cấu nồi hơi ống nước tuần hoàn tự nhiên, có bộ hâm kiểu modulyon

Phía ngoài bộ hâm nước vẫn có bọc cách nhiệt để giảm bớt tổn thất. Khói xả từ động cơ đi qua dàn ống sinh hơi và bộ hâm nước, truyền nhiệt cho dàn ống, nhiệt độ giảm xuống đến khoảng 140°C ~ 180°C rồi thải ra ngoài.

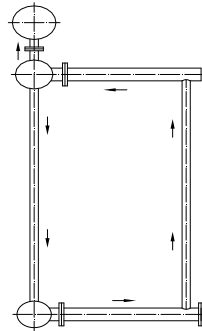
Trong khi đó nước cấp được bơm vào bộ hâm nước, nhận nhiệt từ khí xả của động cơ, được sấy nóng đến một nhiệt độ nhất định, khoảng từ 80 ~ 100°C , rồi đưa vào dàn ống sinh hơi qua ống xuống hoặc balông giữa. Vì có bố trí ống xuống cho bộ hâm nước nên nước trong bộ hâm luôn chuyển động tuần hoàn tự nhiên, kể cả khi không dùng hơi nên tránh được khả năng khí và hơi tích tụ dẫn đến hiện tượng thủy kích.

Nước nóng từ bộ hâm nước đưa vào ống xuống hoặc balông giữa, sẽ hỗn hợp với nước bão hòa phân ly từ hỗn hợp nước sôi và hơi bão hòa từ dàn ống sinh hơi đưa vào balông trên, hỗn hợp nước này đi theo ống xuống vào balông dưới rồi phân phối cho các dàn ống lên. Nước nóng từ ống góp dưới đi vào dàn ống lên, nhận nhiệt từ khí xả, nhiệt độ tăng dần lên đến nhiệt độ bão hòa rồi bốc hơi, tạo thành hỗn hợp giữa nước và hơi có trọng lượng riêng nhỏ hơn rất nhiều so với nước trong ống xuống nên đi lên tập trung vào ống góp trên. Hỗn hợp nước và hơi từ ống góp trên đi vào balông giữa, phân ly thành nước bão hòa cùng với nước mới cấp vào đi trở lại ống xuống tạo thành vòng tuần hoàn tự nhiên. Phần hơi tách ra trong balông giữa còn rất nhiều hạt nước bay theo vì khoang hơi của balông giữa tương đối nhỏ, được đưa vào balông hơi trên qua hai ống dẫn hơi, phân ly thêm một lần nữa, phần nước được đưa trở lại balông giữa qua ống dẫn nước, còn hơi tương đối sạch, chất lượng cao mới được đưa đi cung cấp cho thiết bị sử dụng.

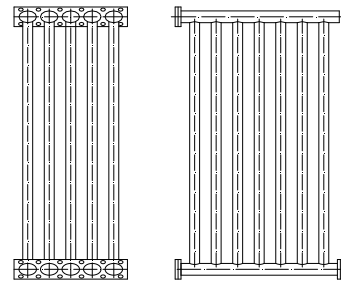
3. ĐÁNH GIÁ CHUNG VỀ NỒI HƠI KHÍ XẢ KIỂU MODUYN

3.1. Về khả năng hạn chế các tổn thất nhiệt, nâng cao hiệu suất, tiết kiệm nhiên liệu

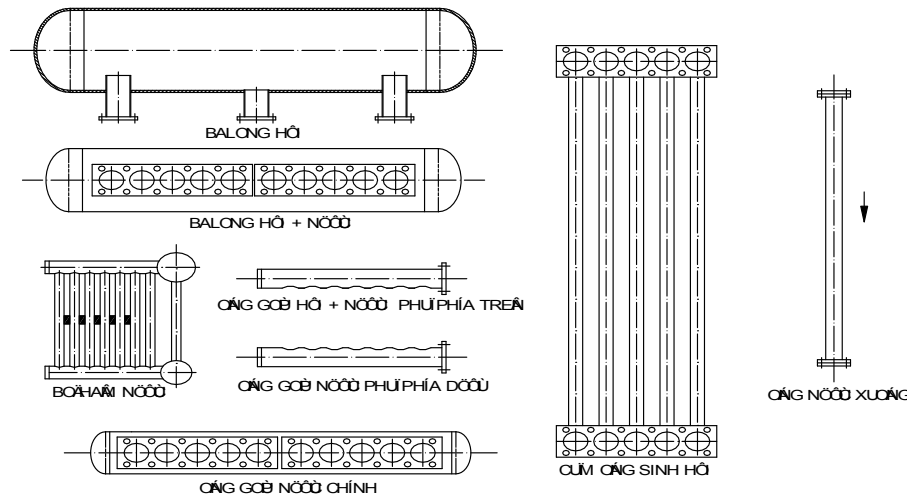
Trong nồi hơi khí xả tổn thất chủ yếu là tổn thất nhiệt do khói có nhiệt độ cao thải ra ngoài q_2 và tổn thất nhiệt do bề mặt tiếp xúc có nhiệt độ cao tỏa ra môi trường xung quanh q_5 .



Hình 2. Một mạch vòng tuần hoàn tự nhiên của nồi hơi khí xả tuần hoàn tự nhiên kiểu moduyN



Hình 3. Cấu tạo một moduyN ống sinh hơi của nồi hơi khí xả tuần hoàn tự nhiên kiểu moduyN



Hình 4. Một số chi tiết và cụm chi tiết của nồi hơi khí xả tàu thủy tuần hoàn tự nhiên kiểu moduyN

Về khả năng giảm thiểu q_2 , đối với nồi hơi kiểu moduyN không những có lắp bộ hâm nước ở cuối đường khói mà còn kéo dài thời gian truyền nhiệt của khí xả cho nước bằng cách tạo các vách ngăn làm thành nhiều pass (việc ngăn pass này còn phụ thuộc vào việc tính toán cho từng nồi hơi cụ thể), do đó nhiệt độ khí xả sau khi ra khỏi nồi hơi sẽ giảm, nên hiệu suất được nâng cao. Loại nồi hơi này có diện tích bề mặt tiếp xúc với môi trường bên ngoài nhỏ nên giảm q_5 .

3.2. Về khả năng giảm chi phí chế tạo

Muốn giảm chi phí chế tạo ta cần giảm suất tiêu hao kim loại và sử dụng công nghệ chế tạo đơn giản không cần đến máy móc thiết bị đắt tiền. Mẫu nồi hơi này giảm được suất tiêu hao kim loại do sử dụng ống có đường kính nhỏ, mỏng làm bề mặt truyền nhiệt, giảm thiểu được bề mặt kim loại không trực tiếp tham gia truyền nhiệt. Với các loại nồi hơi khác bề mặt không tham gia truyền nhiệt khá lớn làm cho suất tiêu hao kim loại tăng lên; hơn nữa hầu hết các loại nồi hơi đang sử dụng lại dùng mặt sàng phẳng và vỏ balông có đường kính lớn nên rất dày và tốn kim loại.

Mặt khác với các loại nồi hơi này có công nghệ chế tạo khá phức tạp tuy không đòi hỏi thiết bị đắt tiền, khi gia công cần thiết bị chuyên dùng nặng nề để cuốn và dập đáy có bề mặt kim loại rất dày. Trong khi đó với mẫu nồi hơi kiểu moduyn có bề mặt trao đổi nhiệt bằng các ống nhỏ, mỏng và thẳng (xem hình 2, 3) nên việc chế tạo đơn giản, do đó chi phí chế tạo giảm so với các mẫu nồi hơi khác.

3.3. Về khả năng đáp ứng công suất, thông số hơi và chất lượng hơi

Công suất của nồi hơi phụ thuộc vào diện tích trực tiếp truyền nhiệt và hệ số trao nhiệt từ sản phẩm cháy đến môi chất. Dạng kết cấu theo mẫu nồi hơi kiểu moduyn dễ thỏa mãn yêu cầu về công suất, vì dễ dàng bố trí bề mặt truyền nhiệt, trong khi đó với các mẫu khác vì kích thước vỏ ngoài balông hạn chế nên khó bố trí bề mặt truyền nhiệt, do đó khó nâng cao công suất.

Thông số công tác của hơi bao gồm áp suất và nhiệt độ. Khi dùng hơi chạy tuabin lại máy phát điện thông số của hơi yêu cầu cao để nâng cao hiệu suất của chu trình hơi nước. Kết cấu mẫu nồi hơi kiểu moduyn các ống nước có đường kính nhỏ, còn ống góp và balông đường kính cũng không lớn nên có thể chịu được áp suất cao. Đối với các loại nồi hơi khác có mặt sàng phẳng và balông có đường kính lớn nên khi làm việc ở áp suất cao không đủ độ tin cậy và an toàn, thường áp suất làm việc không quá 1,5 MPa. Nhiệt độ của hơi tùy thuộc vào việc bố trí được bộ quá nhiệt hay không, chất lượng hơi chủ yếu quyết định bởi số lượng những hạt nước nhỏ bay theo hơi. Các mẫu nồi hơi có khoang hơi lớn, diện tích bay hơi rộng và tương đối cao nên chất lượng hơi không được tốt lắm, còn kết cấu dạng mẫu nồi hơi kiểu moduyn có khoang hơi là dạng balông kép (xem hình 2) nên có vai trò như một bộ tách hơi nên chất lượng hơi tốt hơn hẳn so với các loại nồi hơi khác.

3.4. Làm việc ổn định và an toàn

Khi khai thác thường muốn điều chỉnh nhanh thông số hơi theo yêu cầu của người sử dụng, đồng thời lại muốn thông số hơi vẫn giữ được ổn định. Đối với các loại nồi hơi khác có thể tích khoang hơi lớn, nên dễ giữ thông số hơi ổn định, nhưng lượng nước trong nồi hơi cũng lớn nên điều chỉnh chậm và khi có sự cố xảy ra thì sức công phá lớn.

Trong khi đó mẫu nồi hơi kiểu moduyn thì tuy thể tích nước và hơi không nhỏ nhưng phần lớn chứa ở balông hơi có đường kính nhỏ, do vậy điều chỉnh nhạy bén nhưng vẫn giữ thông số hơi ổn định khi phụ tải thay đổi. Mặt khác loại nồi hơi này có khả năng làm việc an toàn khi chịu áp suất cao, vì các bề mặt chịu áp suất là các ống có đường kính nhỏ và nếu bị nổ cũng ít nguy hiểm hơn do lượng nước chứa trong nồi hơi không nhiều.

Một trong những yêu cầu quan trọng về an toàn là không để nhiệt độ các bề mặt truyền nhiệt vượt quá nhiệt độ cho phép. Muốn vậy cần hạn chế bề mặt truyền nhiệt tiếp xúc với hơi, nhất là hơi không lưu động và hạn chế việc bám cặn trên bề mặt truyền nhiệt. Mẫu nồi hơi kiểu moduyn có bề mặt truyền nhiệt ngập hoàn toàn trong nước, nên khi làm việc bình thường nhiệt độ không cao, đảm bảo an toàn. Mặt khác các bề mặt truyền nhiệt đều là dạng ống có đường kính nhỏ ngập trong nước để dàng thỏa mãn một yêu cầu khác mà nồi hơi tàu thủy phải làm việc bình thường và phải cung cấp đầy đủ nhu cầu hơi nước ngay cả khi tàu bị nghiêng ngang $\pm 30^{\circ}$ và lắc dọc $\pm 5^{\circ}$ đối với hệ thống thiết bị nhiệt.

Trong quá trình khai thác việc đóng cặn trên bề mặt truyền nhiệt là khó tránh khỏi, nhưng các bề mặt truyền nhiệt bố trí đúng như mẫu nồi hơi kiểu moduyn thì cặn cặn khó đóng hơn mà khi đóng cũng dễ làm sạch hơn.

Với các nồi hơi bố trí bề mặt truyền nhiệt nằm ngang như mặt sàng dưới cặn cặn dễ bám hơn, kể cả cặn sơ cấp và thứ cấp, khi đó khó làm sạch hơn, kể cả phá cặn bằng hóa học, vì cặn cặn phá ra cũng khó thải ra ngoài được.

Các bề mặt nằm ngang và nghiêng thì tro bụi dễ bám hơn, tuy tro bụi không làm tăng nhiệt độ bề mặt truyền nhiệt nhưng lại làm giảm công suất và hiệu suất của nồi hơi.

3.5. Thuận tiện cho việc chế tạo, lắp ráp, vận hành, kiểm tra, bảo dưỡng và sửa chữa

Đối với các dạng nồi hơi hiện nay rất khó khăn trong việc chế tạo, lắp ráp, sửa chữa, bảo dưỡng cũng như vệ sinh, vì đặc thù của kết cấu phức tạp hơn nồi hơi kiểu moduyn. Với kết cấu

nồi hơi kiểu moduyn thì việc chế tạo, lắp ráp, bảo dưỡng, kiểm tra và vệ sinh, cũng như sửa chữa dễ dàng hơn các loại khác. Kết cấu nồi hơi này có dạng moduyn, cụm ống sinh hơi được thiết kế và chế tạo thành các dàn ống có kích thước giống nhau ráp lại thành từng vỉ (xem hình 4). Khi bị hư hỏng ống trong dàn nào thì có thể tháo dàn đó ra để thay lại ống hỏng rồi ráp lại với nhau, việc thay ống trong từng dàn cũng đơn giản nên giảm chi phí lắp ráp, sửa chữa. Trong khi đó đối với dàn ống của các loại nồi hơi truyền thống việc thay ống phức tạp hơn. Khi ống bị hỏng người ta thường nút ống hỏng hay thay thế toàn bộ cụm ống. Nồi hơi kiểu moduyn có bề mặt truyền nhiệt được thiết kế dạng vỉ theo mạch vòng tuần hoàn tự nhiên nên:

- Thuận tiện cho việc chế tạo hàng loạt, kiểm tra dễ dàng, có thể thử áp lực cho từng mạch vòng trước khi ghép lại thành từng moduyn và cụm ống sinh hơi.

- Các moduyn nối với ba lồng hơi và nước bằng các mặt bích, vì thế làm cho việc chế tạo dễ dàng hơn, mặt khác khi vệ sinh, sửa chữa, lắp ráp cũng thuận tiện hơn, đồng thời các bộ phận dễ dàng tháo rời rồi lắp lại, nhất là đối với tàu thủy khi cần thay mới hoặc sửa chữa thì không cần phải cắt mặt boong hay vách của tàu, mà chỉ cần đưa từng bộ phận của nồi hơi xuống vị trí của nồi hơi, rồi có thể lắp ghép được dễ dàng bằng cách nối các bộ phận với nhau nhờ các mặt bích và bu lông.

- Việc lắp ráp và sửa chữa cũng thuận tiện, có thể tiến hành tại chỗ, không phải cắt mặt boong tàu thủy để đưa cả nồi hơi xuống. Khi có một ống trong một mạch vòng hay một môduyn bị hư hỏng, cần sửa chữa cũng không cần đưa cả nồi hơi lên, chỉ cần tách một mạch vòng hay một môduyn đưa đi sửa chữa chỗ bị hư hỏng rồi lại mắc mạch vòng hay một môduyn lại như cũ.

- Các vách giữa các pass của khói nằm dọc theo các ống sinh hơi do đó chế tạo các vách dọc sẽ đơn giản hơn nhiều khi chế tạo vách ngang, mặt khác các vách dọc tự nhiên trở thành các cánh truyền nhiệt do đó không bị cháy trong quá trình sử dụng.

- Đặc biệt loại nồi hơi khí xả kiểu moduyn có thời gian sinh hơi rất nhanh.

3.6. Nhược điểm của nồi hơi khí xả kiểu moduyn

- Khi chế tạo đòi hỏi độ chính xác tương đối cao.

- Khi vận hành đòi hỏi chất lượng nước tương đối cao vì nếu bám cặn nhiều có thể làm tắc ống do đường kính ống bé.

- Không tiến hành được việc xử lý cặn bằng phương pháp cơ khí đơn giản trừ các ống góp dưới có lắp mặt bích.

4. KẾT LUẬN

- Hiện nay nhu cầu về nồi hơi công suất nhỏ là rất lớn, nhưng hầu hết đều nhập ngoại hoặc chế tạo theo mẫu của nước ngoài, vì thế cần tự thiết kế, chế tạo mới đáp ứng nhu cầu ngày càng tăng của đất nước trong thời kỳ công nghiệp hóa, hiện đại hóa đất nước.

- Để chế tạo cần chọn các mẫu đạt nhiều tiêu chuẩn về kinh tế, kỹ thuật cũng như an toàn. Qua phân tích đánh giá những mẫu đang sử dụng, ta thấy đa số nồi hơi đang dùng có hiệu suất nhiệt thấp, chỉ đạt từ 70% ~ 80%, trong khi các nồi hơi hiện đại đã đạt đến 92% ~ 94%. Mặt khác chi phí vật liệu để chế tạo nồi hơi truyền thống cao và tuổi thọ còn hạn chế, vì thế cần mạnh dạn nghiên cứu cải tiến để tạo ra mẫu nồi hơi hợp lý hơn.

- Trên cơ sở kế thừa những ưu điểm của các mẫu nồi hơi hiện dùng, ứng dụng lý thuyết cũng như công nghệ hiện đại chúng tôi đã nghiên cứu đề xuất một mẫu nồi hơi khí xả kiểu moduyn hợp lý hơn. Mẫu khí xả kiểu moduyn có thể nâng cao hiệu suất nhiệt, tiết kiệm nhiên liệu khoảng 6 ~ 8 %; chi phí chế tạo giảm đáng kể vì chỉ dùng công nghệ đơn giản, lại giảm được suất tiêu hao kim loại. Đặc biệt là tổ chức được vòng tuần hoàn tự nhiên khá triệt để nên có thể làm mát bề mặt truyền nhiệt, kéo dài tuổi thọ và đảm bảo an toàn.

- Công nghệ chế tạo nồi hơi đơn giản, vì các bộ phận được tạo thành chủ yếu là các đoạn ống thẳng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO:

- [1]. PGS.TS. Phạm Lê Dân. TS.Nguyễn Công Hân.2005 “*Công nghệ lò hơi và mạng nhiệt*” NXB KHKT.
- [2]. TS. Vũ Công Hoè.2006. “*Thiết bị nhiệt*” NXB Xây dựng.
- [3]. ThS. Nguyễn Ngọc Hải. 2005. “*Nghiên cứu các giải pháp nâng cao chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật khi thiết kế, chế tạo nồi hơi công nghiệp tại Việt Nam*”. Luận văn thạc sỹ. Trường đại học Hàng Hải.
- [4]. ThS. Nguyễn Mạnh Hùng. 2000. “*Nghiên cứu tuần hoàn hóa lò hơi công suất nhỏ*”, Luận văn thạc sỹ. Trường đại học Bách Khoa Hà nội.
- [5]. PGS.TS. Trần Thanh Kỳ.1990 “*Thiết kế lò hơi*”. Trường đại học Bách Khoa Tp.HCM.
- [6]. PGS.TS. Hoàng Đình Tín. 2001. “*Truyền nhiệt và tính toán thiết bị trao đổi nhiệt*” NXB KHKT.

Người phản biện: ThS. Nguyễn Anh Việt