

Thiết bị trao đổi nhiệt kiểu xoáy lốc có nhiều ưu điểm so với thiết bị trao đổi nhiệt truyền thống kiểu ống chùm:

- Chế độ dòng chảy tối ưu ở cả hai phía của bề mặt trao đổi nhiệt;
- Phân bố vận tốc trong kênh đồng đều không có vùng chết;
- Phân bố nhiệt độ đồng đều không có điểm quá nóng hoặc quá lạnh;
- Hiệu quả trao đổi nhiệt cao với hệ số truyền nhiệt cao hơn;
- Thời gian và thể tích lưu thiết bị thấp;
- Nhờ kết cấu nắp đậy, có thể dễ dàng mở thiết bị để kiểm tra, vệ sinh và bảo dưỡng.

Tuy nhiên, so với thiết bị trao đổi nhiệt kiểu khung bản cùng công suất thì thiết bị trao đổi nhiệt xoáy lốc yêu cầu diện tích trao đổi nhiệt lớn hơn, nhưng so với thiết bị ống chùm thì diện tích trao đổi nhiệt thấp hơn. Ví dụ, với cùng một công suất như nhau, thiết bị xoáy lốc cần 90 m^2 diện tích bề mặt trao đổi nhiệt thì thiết bị trao đổi nhiệt khung bản chỉ cần 60 m^2 trong khi thiết bị trao đổi nhiệt kiểu ống chùm cần tới 125 m^2 .

2.3.2.6. Thiết bị trao đổi nhiệt phối hợp kiểu tấm bản và ống chùm (Plate and Shell Heat Exchanger)

a. Giới thiệu



Hình H-2.34 Thiết bị trao đổi nhiệt phối hợp tấm bản và ống chùm

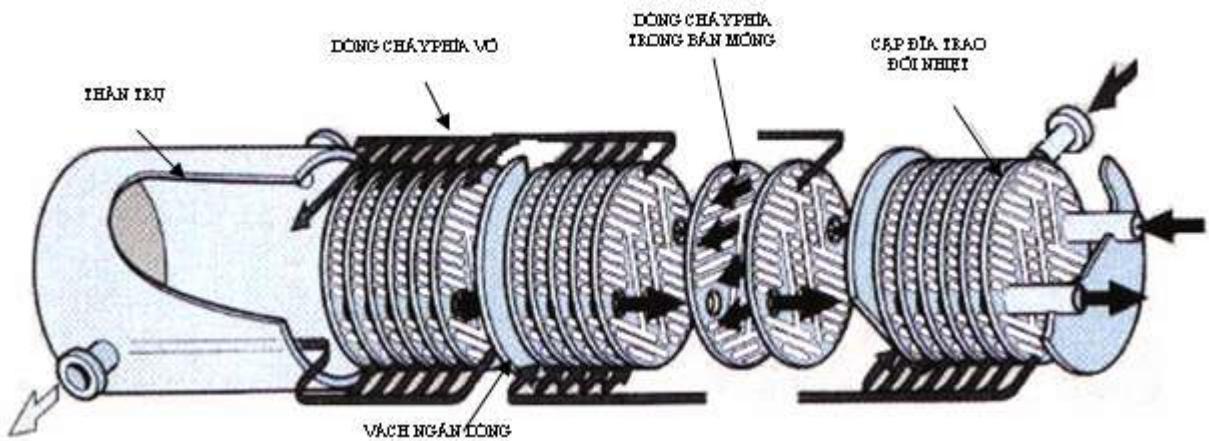
Thiết bị trao đổi nhiệt phối hợp kiểu tấm bản và ống chùm kết hợp được những ưu điểm của cả hai dạng thiết bị trao đổi nhiệt kiểu tấm bản và kiểu ống chùm trong khi vẫn giữ được hình dáng bên ngoài của thiết bị trao đổi nhiệt ở chừng mực nào đó giống như thiết bị trao đổi nhiệt kiểu ống chùm. Thiết bị trao đổi nhiệt dạng này bao gồm một vỏ hình trụ bên trong lắp các tấm trao đổi nhiệt được hàn kín với nhau từng đôi một. Hình dạng của thiết bị trao đổi nhiệt phối hợp kiểu tấm bản và ống chùm được minh họa trong hình H-2.34.

b. Cấu tạo và nguyên lý hoạt động

Nguyên lý hoạt động

Thiết bị trao đổi nhiệt phối hợp tấm bản và ống chùm hoạt động theo nguyên lý trao đổi nhiệt giữa hai lưu thể chuyển động ngược chiều nhau. Một lưu thể chuyển động phía trong bản mỏng và một lưu thể chuyển động phía bên ngoài vỏ thiết bị.

Dòng lưu thể chuyển động phía trong bản mỏng giống như trong thiết bị trao đổi nhiệt dạng tấm bản, còn dòng lưu thể chuyển động phía vỏ có chiều chuyển động và phân dòng như trong thiết bị trao đổi nhiệt kiểu ống chùm. Để hình thành không gian cho lưu thể chuyển động phía bản mỏng, hai tấm kim loại hình tròn được dập gân nổi sau đó hàn mép lại với nhau hình thành kênh kín chứa lưu thể. Lưu thể thứ hai chuyển động phía vỏ sẽ đi vào phần không gian giữa các cặp đĩa hàn kín. Quá trình truyền nhiệt thực hiện tại bề mặt của các đĩa trao đổi nhiệt. Dòng lưu thể chảy phía vỏ thiết bị cũng được phân dòng như thiết bị trao đổi nhiệt kiểu ống chùm để tăng hiệu quả quá trình truyền nhiệt. Thông thường, lưu thể có nhiệt độ cao hơn sẽ được bố trí chảy phía trong bản mỏng (đĩa trao đổi nhiệt) còn lưu thể có nhiệt độ thấp hơn thì được bố trí chuyển động phía vỏ. Sơ đồ nguyên lý hoạt động và cấu tạo thiết bị trao đổi nhiệt phối hợp tấm bản và ống chùm được minh họa trong hình H-2.35.



Hình H-2.35- Sơ đồ cấu tạo và nguyên lý hoạt động thiết bị trao đổi nhiệt phối hợp tấm bản và ống chùm

Cấu tạo

Thiết bị trao đổi nhiệt phối hợp tấm bản và ống chùm bao gồm hai phần chính:

- Phần lõi trao đổi nhiệt (tấm bản);
- Phần vỏ.

Sơ đồ cấu tạo của thiết bị này được minh họa trong hình H-2.35.

Phần vỏ

Phần vỏ thiết bị trao đổi nhiệt này bao gồm hai bộ phận chính: Phần thân hình trụ dài có nắp kín hai đầu và các vách ngăn dòng. Vỏ thiết bị có chức năng chính:

- Chứa và định hướng dòng lưu thể chuyển động phía vỏ;
- Chứa lõi trao đổi nhiệt.

Vỏ thiết bị có thể là kết cấu hàn hoặc gắn mặt bích nhằm thuận lợi cho việc vệ sinh thiết bị phần vỏ.

Phần lõi trao đổi nhiệt

Lõi trao đổi nhiệt được cấu tạo từ nhiều cặp đĩa trao đổi nhiệt hình tròn hàn kín với nhau từng đôi một. Mỗi cặp đĩa hàn kín này tạo ra một khoang cho lưu thể chảy trong bản mỏng. Khi các cặp đĩa này được ghép sát lại gần nhau sẽ hình thành khe hẹp cho lưu thể phía vỏ đi qua. Các lưu thể chuyển động qua các khe hẹp phía trong bản mỏng và phía ngoài bản mỏng (phía vỏ) quá trình trao đổi nhiệt sẽ diễn ra. Một ống phân phối lưu thể chảy phía trong bản mỏng và một ống thu gom lưu thể này sau khi trao đổi nhiệt được hàn cứng cùng với các cặp đĩa trao đổi nhiệt để hình thành kết cấu lõi trao đổi nhiệt vững chắc. Để tăng cường quá trình trao đổi nhiệt, người ta lắp thêm các vách ngăn dòng chảy của lưu thể chảy phía vỏ. Các vách ngăn dòng này chia lõi trao đổi nhiệt thành từng vùng khác nhau. Nhìn chung, khoảng cách giữa các vách ngăn dòng được bố trí sao cho số đĩa trao đổi nhiệt giữa các vách ngăn bằng nhau. Sơ đồ cấu tạo của lõi trao đổi nhiệt được minh họa ở hình H-2.35.

c. Phạm vi áp dụng

Ứng dụng

Thiết bị trao đổi nhiệt kết hợp tấm bản và ống chùm được sử dụng cho các lưu thể có tính ăn mòn cao như a-xit mà các thiết bị trao đổi nhiệt dạng tấm bản truyền thống khác có sử dụng vòng đệm bít kín không dùng được. Thiết bị trao đổi nhiệt này còn có khả năng chống lại được các sung về nhiệt độ và áp suất nhờ độ cứng và kết cấu vững chắc của thiết bị.

Thiết bị trao đổi nhiệt kết hợp tấm bản và ống chùm được sử dụng cho các quá trình công nghệ sau:

- Gia nhiệt;
- Làm mát (bao gồm cả trong công nghệ siêu lạnh);
- Tận dụng nhiệt thải;
- Quá trình bay hơi và ngưng tụ.

Chế độ hoạt động

Khoảng hoạt động của thiết bị trao đổi nhiệt kết hợp tấm bản và ống chùm rất rộng và trong điều kiện công nghệ tương đối khắc nghiệt. Thiết bị này có thể hoạt động trong điều kiện nhiệt độ đến 900 °C và ở áp suất tới 100Kg/cm².

d. So sánh với thiết bị trao đổi nhiệt truyền thống

Với cùng diện tích bề mặt trao đổi nhiệt và công suất truyền nhiệt, thiết bị trao đổi nhiệt kết hợp tấm bản và ống chùm có kích thước nhỏ hơn so thiết bị trao đổi nhiệt kiểu ống chùm do mật độ bề mặt truyền nhiệt và thể tích riêng của thiết bị này cao hơn. Thiết bị trao đổi nhiệt này chỉ chiếm khoảng 20-30% diện tích cần thiết cho lắp đặt so với thiết bị trao đổi nhiệt kiểu ống chùm có công suất tương đương.

2.3.2.7. Thiết bị trao đổi nhiệt kiểu bo mạch in

a. Giới thiệu

Thiết bị trao đổi nhiệt kiểu bo mạch in là một kiểu thiết bị trao đổi nhiệt có mật độ bề mặt trao đổi nhiệt cao, chịu được ăn mòn và có khả năng hoạt động ở điều kiện áp suất tới vài trămKg/cm², điều kiện nhiệt độ trong khoảng từ chế độ siêu lạnh cho tới vài trăm °C. Thiết kế của thiết bị trao đổi nhiệt này thể hiện sự phối hợp chặt chẽ giữa các công nghệ chế tạo tiên tiến với tiêu chuẩn chế tạo rất khắt khe. Thiết bị trao đổi nhiệt dạng này có triển vọng thay thế các thiết bị truyền thống hoặc những nơi mà các thiết bị truyền thống không thể đáp ứng được. Cũng giống như một số dạng thiết bị trao đổi nhiệt tấm bản có mật độ bề mặt trao đổi nhiệt cao, thiết bị trao đổi nhiệt kiểu bo mạch in không chỉ đơn thuần là một thiết bị trao đổi nhiệt kiểu tấm bản mà còn đồng thời có thể tích hợp một vài chức năng của thiết bị khác như: thiết bị phản ứng, thiết bị chuyển khối và khuấy trộn.

Thiết bị trao đổi nhiệt kiểu bo mạch in được Heatric đưa vào sử dụng thương mại lần đầu tiên vào năm 1985 tại Australia, hiện nay, thiết bị này được sản xuất và ứng dụng trong nhiều lĩnh vực, một trong kiểu thiết bị này có hình dạng như trong hình H-2.36.

b. Cấu tạo và nguyên lý hoạt động

Nguyên lý hoạt động.

Thiết bị trao đổi nhiệt kiểu bo mạch in hoạt động trên nguyên lý trao đổi nhiệt gián tiếp giữa hai lưu thể chuyển động trong các ống dẫn nhỏ. Thiết bị này được cấu tạo từ các bản hợp kim phẳng với đường đi của các dòng lưu thể được khắc bằng máy khắc quang hóa trên các tấm kim loại này. Quá trình chế tạo này tương tự như công nghệ chế tạo mạch in của bo mạch điện tử (chính vì vậy mà thiết bị trao đổi nhiệt được kiểu này được gọi với cái tên thiết bị trao đổi

nhiệt kiểu bo mạch in). Từ các tấm kim loại được khắc này sẽ hình thành các đường đi của các lưu thể trao đổi nhiệt



HÌNH H-2.36 Hình dạng thiết bị trao đổi nhiệt kiểu bo mạch in

Cấu tạo

Cũng giống như các thiết bị trao đổi nhiệt kiểu tấm bản khác, thiết bị trao đổi nhiệt kiểu bo mạch in bao gồm các bộ phận chính:

- Lõi trao đổi nhiệt;
- Vỏ thiết bị.

Lõi trao đổi nhiệt

Lõi trao đổi nhiệt được cấu tạo từ các bản kim loại hợp kim mỏng được khắc đường đi cho dòng lưu thể (xem hình minh họa H-2.37A). Các bản khắc rãnh này được xếp chồng lên nhau gắn kết thành một lõi trao đổi nhiệt đặc, hoàn toàn bằng kim loại vững chắc mà không cần đệm hoặc bất cứ vật liệu kết dính nào. Kiểu sắp xếp đặc biệt các bản kim loại cho phép các tấm kim loại liên kết với nhau đến mức liên kết đạt được có độ bền tương đương như kim loại của tấm trao đổi nhiệt. Tiết diện của lõi trao đổi nhiệt được minh họa ở hình H-2.37B. Tùy thuộc vào công suất thiết bị mà người ta sẽ hàn các khối lõi trao đổi nhiệt lại với nhau cho tới khi đạt bề mặt trao đổi nhiệt cần thiết. Sau đó các ống góp và đầu dẫn lưu thể sẽ được hàn vào lõi trao đổi nhiệt. Lõi trao đổi nhiệt sẽ được đặt trong một vỏ chứa.

Nhờ có phương pháp gia công đường dẫn các lưu thể đặc biệt mà cho phép độ mềm dẻo cao trong thiết kế công suất, thủy lực và cơ khí của thiết bị bởi vì chi phí thay đổi dụng cụ gia công giữa các dạng kết cấu khác nhau của tấm trao đổi rất thấp. Kỹ thuật gia công đường dẫn các lưu thể trên các tấm trao đổi nhiệt cho phép tạo ra những kênh dẫn có kích thước từ 0,5 tới 2,0mm.

Vỏ thiết bị

Vỏ thiết bị trao đổi nhiệt kiểu bo mạch in có chức năng đơn giản là để chứa lõi trao đổi nhiệt, bảo vệ lõi trao đổi nhiệt bên trong và tạo đầu phân phối lưu thể

vào các đường dẫn dòng lưu thể bên trong lõi trao đổi nhiệt. Hình dạng của vỏ đa dạng tùy thuộc vào hình dạng của lõi trao đổi nhiệt và yêu cầu kết cấu cơ khí và những yêu cầu của từng ứng dụng cụ thể.



Hình H-2.37A- Cấu tạo của một bản hợp kim đã được khắc rãnh bằng máy khắc quang hóa



Hình H-2.37B- Cấu tạo của lõi trao đổi nhiệt (mặt cắt ngang)

c. Phạm vi áp dụng

Ứng dụng

Thiết bị trao đổi nhiệt kiểu bo mạch in thể hiện được những ưu điểm khi sử dụng ở điều kiện nhiệt độ, áp suất và môi trường ăn mòn cao, nơi mà không cho phép sử dụng các thiết bị trao đổi nhiệt tấm bản truyền thống khác. Như đã trình bày, thiết bị trao đổi nhiệt kiểu này có kết cấu hàn do vậy khả năng dò rỉ và những trở ngại gặp phải về tương thích giữa lưu thể và thiết bị được giảm thiểu. Nhờ những ưu điểm này và kết cấu đồng nhất cho phép thiết bị trao đổi nhiệt kiểu bo mạch in hoạt động ở những điều kiện nhiệt độ, áp suất và môi trường khắc nghiệt.

Nhờ thiết kế và kết cấu đặc biệt mà thiết bị trao đổi nhiệt kiểu bo mạch in được ứng dụng rất đa dạng: có thể dùng cho nhiều dạng lưu thể khác nhau từ pha lỏng đến pha khí hoặc hỗn hợp hai pha, cấu hình bố trí dòng chảy từ một ngăn cho đến nhiều ngăn, chiều dòng chảy các lưu thể từ kiểu ngược chiều cho đến cùng chiều, chéo dòng hoặc phối hợp các kiểu dòng chảy này với nhau.

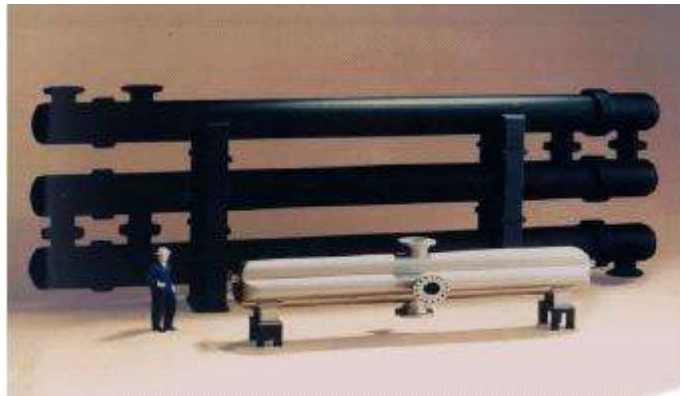
Thiết bị trao đổi nhiệt kiểu bo mạch in được sử dụng rộng rãi trong nhiều ngành công nghiệp. Trong ngành công nghiệp chế biến dầu khí thiết bị này được sử dụng làm thiết bị trao đổi nhiệt kiểu nguyên liệu/dòng sản phẩm nóng (để tận dụng nhiệt), các quá tổng hợp nhiên liệu, quá trình xử lý nước, các quá trình thu hồi hơi nhiên liệu và làm mát các máy nén trong công nghệ biến khí,...

Chế độ hoạt động

Do có kết cấu đặc biệt, thiết bị trao đổi nhiệt kiểu bo mạch in có khả năng chịu áp rất lớn. Thiết bị có thể làm việc ở điều kiện tiêu chuẩn là 200Kg/cm^2 và hoàn toàn có thể hoạt động trong khoảng áp suất từ $300\div 500\text{Kg/cm}^2$. Thiết bị này cũng có thể hoạt động trong dải nhiệt độ rất rộng, từ chế độ nhiệt siêu lạnh (-200°C) cho đến $+900^{\circ}\text{C}$. Giới hạn trên của nhiệt độ phụ thuộc vào vật liệu chế tạo và áp suất làm việc của thiết bị.

d. So sánh với thiết bị trao đổi nhiệt truyền thống

Với mật độ bề mặt trao đổi nhiệt cao thiết bị trao đổi nhiệt kiểu bo mạch in có kích thước nhỏ hơn tương đối nhiều so với thiết bị trao đổi nhiệt truyền thống (ống chùm) có công suất tương đương. Thông thường, với cùng công suất trao đổi nhiệt như nhau, lõi trao đổi nhiệt của thiết bị này nhỏ hơn 5 đến 10 lần so với kích thước bó ống của thiết bị trao đổi nhiệt ống chùm. Tương ứng khối lượng của thiết bị trao đổi nhiệt ống chùm cũng nặng hơn so với thiết bị trao đổi nhiệt kiểu bo mạch in cùng công suất từ $5\div 7$ lần. So sánh về kích thước của hai kiểu thiết bị này được minh họa trong hình H-2.38 (trong hình này các thiết bị có công suất là 2.350KW , thiết bị trao đổi nhiệt bo mạch in có bề mặt trao đổi nhiệt là 600m^2).



Hình H-2.38. So sánh thiết bị trao đổi nhiệt kiểu bo mạch in với thiết bị ống chùm