



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ

(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ

(11)



1-0028138

(51)⁷ F22B 1/02; F28F 1/00; F22B 29/06;
B23P 15/26

(13) B

(21) 1-2017-02669

(22) 16/11/2015

(86) PCT/RU2015/000787 16/11/2015

(87) WO2016/093738 16/06/2016

(30) 2014150428 12/12/2014 RU

(45) 25/05/2021 398

(43) 25/01/2018 358A

(73) JOINT STOCK COMPANY "EXPERIMENTAL AND DESIGN ORGANIZATION
"GIDROPRESS" AWARDED THE ORDER OF THE RED BANNER OF LABOUR
AND CZSR ORDER OF LABOUR (RU)

ul. Ordzhonikidze, d. 21 Podolsk Moskovskaya obl., 142102, Russia

(72) LAKHOV, Dmitriy Aleksandrovich (RU); SAFRONOV, Aleksey Vladimirovich
(RU); KONYUSHKOV, Aleksandr Grigorevich (RU); ALEKSEEV, Dmitriy
Evgenevich (RU); GERONTIEV, Aleksandr Evgenevich (RU).

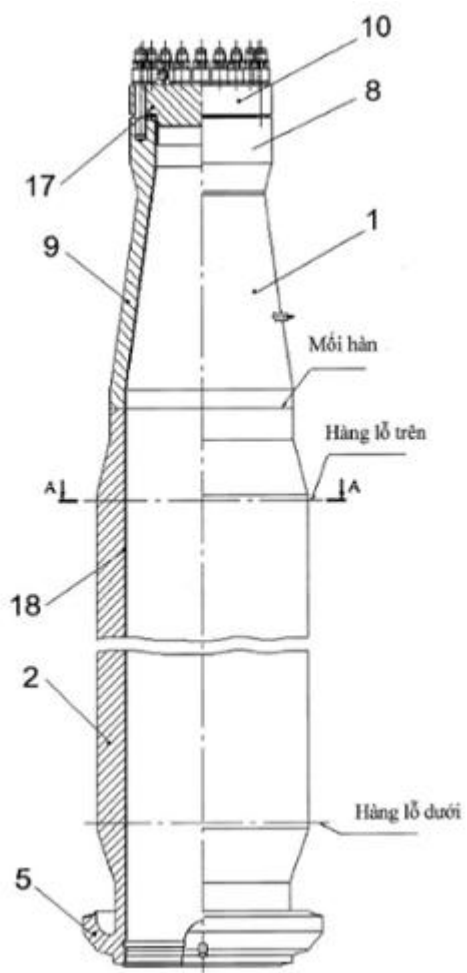
(74) Công ty Luật TNHH quốc tế BMVN (BMVN INTERNATIONAL LLC)

(54) ỐNG GÓP CHẤT TẢI NHIỆT VÒNG SƠ CẤP CỦA THIẾT BỊ TẠO HƠI NƯỚC
VÀ PHƯƠNG PHÁP CHẾ TẠO ỐNG GÓP NÀY

(57) Sáng chế đề cập đến ngành công nghiệp điện năng, và có thể được sử dụng trong các thiết bị tạo hơi nước nằm ngang dùng cho các nhà máy điện hạt nhân (Nuclear power plants - NPP) có lò phản ứng năng lượng nước-nước (Voda Voda Energo Reactoi - VVER). Sáng chế đề xuất ống góp chất tải nhiệt vòng sơ cấp của thiết bị tạo hơi nước có các ống hình chữ U của chùm ống trao đổi nhiệt nằm ngang được thiết kế dưới dạng bể chứa có thành dày được hàn có phần trụ giữa được đục lỗ được thiết kế để cho phép lắp và gắn chặt chùm ống trao đổi nhiệt hình chữ U trong ống góp này, trong đó các ống này được nhóm thành các giàn và được phân cách bởi các đường hầm thẳng đứng giữa các ống, phần trụ dưới được thiết kế để cho phép hàn nối với ống nối của bể chứa của thiết bị tạo hơi nước, và phần trụ trên có đầu nối tương thích hình nón để kết nối bích của lỗ chui với nắp, trong đó đường kính ngoài của ống góp vòng sơ cấp D_{head} ở phần giữa được lựa chọn dựa theo công thức sau:

$$2 \cdot \left[\frac{(d+5,5) \cdot (n_1+n_2)}{\pi} + 100 \right] \leq D_{\text{head}} \leq 2 \cdot \left[\sqrt{2} \cdot (n_1-1) \cdot S_h + \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot B_2 - \frac{\sqrt{2}}{4} \cdot (n_1 + n_2) \cdot S_h - R_h \cdot \arctan\left(\frac{R_h}{d}\right) + 100 \right]$$

trong đó: S_h là khoảng cách giữa các ống trao đổi nhiệt trong hàng chùm ống trao đổi nhiệt nằm ngang (mm), B_2 là chiều rộng của chùm ống trao đổi nhiệt đối diện với ống góp chất tải nhiệt (mm), d là đường kính ngoài của ống trao đổi nhiệt (mm), n_1 và n_2 tương ứng chỉ số lượng của các ống trong hàng nằm ngang của các giàn ống trao đổi nhiệt nhỏ và lớn, R_h là bán kính uốn nhỏ nhất của các ống trong chùm ống trao đổi nhiệt (mm). Các lỗ để gắn các ống trao đổi nhiệt được bố trí so le nhau ở phần trụ giữa của ống góp sao cho khoảng cách giữa các mép của các lỗ cạnh nhau không nhỏ hơn 5,5 mm dọc theo bề mặt trong của ống góp này.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến ngành công nghiệp điện năng, và có thể được sử dụng trong các thiết bị tạo hơi nước nằm ngang dùng cho các nhà máy điện hạt nhân (Nuclear power plants - NPP) có lò phản ứng năng lượng nước-nước (Voda Voda Energo Reactoi - VVER).

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Thiết bị tạo hơi nước là bộ phận chính của vòng sơ cấp của nhà máy điện hạt nhân. Trong thiết bị này, cụm kết cấu ống góp chất tải nhiệt của vòng sơ cấp và chùm ống trao đổi nhiệt là cụm kết cấu khó chế tạo nhất của thiết bị tạo hơi nước. Các yêu cầu mật độ liên vòng cao được đặt ra cho cụm kết cấu này. Điều đó có nghĩa là thiết kế cụm kết cấu ghép nối ống góp chất tải nhiệt phải loại trừ khả năng làm hỏng các bộ phận truyền nhiệt và các bộ phận khác, nếu các bộ phận này bị hỏng sẽ dẫn đến nước phóng xạ của vòng sơ cấp sẽ đi vào trong chất tải nhiệt hơi nước - nước của vòng thứ cấp tuần hoàn qua tua bin, các bộ ngưng tụ, các thiết bị gia nhiệt và các bộ phận kết cấu tương tự khác của nhà máy điện hạt nhân (NNP) có hợp chất có khả năng phóng xạ bị rò rỉ ra môi trường.

Ống góp chất tải nhiệt vòng sơ cấp này được sử dụng trong các thiết bị tạo hơi nước nằm ngang thường là bể chứa hình trụ thành dày có đường kính và độ dày thay đổi dọc theo chiều dài của bể chứa này. Phần trụ giữa của các ống góp có các lỗ thông để gắn các đầu của các ống trao đổi nhiệt. Phần trụ dưới của ống góp này được thiết kế để có khả năng hàn nối với ống nối của bể chứa của thiết bị tạo hơi nước và phần trụ trên của ống góp được trang bị cửa (lỗ chui) để vào bên trong và có đầu nối tương thích hình nón để kết nối bích của lỗ chui với nắp.

Các vấn đề chính có thể phát sinh trong quá trình vận hành thiết bị tạo hơi nước có liên quan đến việc tạo sự đồng nhất kết cấu của các đầu nối bích và sự đồng nhất kết cấu của các ống góp chất tải nhiệt vòng sơ cấp.

Thao tác phức tạp và tốn nhân công nhất trong quá trình chế tạo thiết bị tạo hơi nước, xét từ quan điểm kỹ thuật, là việc ghép nối chùm ống trao đổi nhiệt với các ống góp chất tải nhiệt vòng sơ cấp bao gồm việc khoan một số lượng lớn các lỗ thông sâu nằm sát nhau trên một diện tích hạn chế của thành bên của ống góp, sau đó đặt kín các ống trao đổi nhiệt trong các lỗ thông này. Một số lượng lớn các lỗ thông sâu nằm sát nhau sẽ làm giảm độ cứng vững của ống góp này, do đó, làm hạn chế số lượng ống trao đổi nhiệt có thể được đặt trong thiết bị tạo hơi nước có độ dày thành bên đã định, và nếu số lượng ống trao đổi nhiệt lớn, cần phải tăng đáng kể độ dày thành bên của ống góp.

Các vấn đề nêu trên được giải quyết khác nhau trong số các giải pháp kỹ thuật đã biết.

Do đó, phương pháp giải quyết vấn đề về sự đồng nhất kết cấu của các đầu nối bích được bộc lộ trong Giấy chứng nhận tác giả sáng chế Liên Xô số 1267847, cấp ngày 10/01/1996, chỉ số phân loại sáng chế quốc tế (IPC): F22B 1/02, mô tả cụm thiết bị tạo hơi nước bao gồm ống góp chất tải nhiệt gia nhiệt vòng sơ cấp có đầu nối bích được đặt trong vỏ bể chứa của thiết bị tạo hơi nước tạo thành vùng hình vành khuyên. Bộ hâm dòng chất tải nhiệt gia nhiệt vòng sơ cấp khẩn cấp được lắp trong vùng này phân cách khoang phía trên của vỏ này với phần còn lại của bể chứa này, và bộ hâm này được thiết kế dưới dạng vòng kín có mặt cắt ngang dạng cái nêm vát xuống phía dưới.

Thiết bị bịt kín khác được sử dụng trong các cụm kết cấu của nhà máy điện hạt nhân (NPP) được bộc lộ trong Patent Mẫu hữu ích Nga số 84491, chỉ số phân loại sáng chế quốc tế (IPC): F16J 15/12, cấp ngày 10/7/2009. Đệm bịt kín được làm bằng hai vòng chặn phân tách có mặt cắt ngang dạng hình chữ L có bộ phận bịt kín được làm bằng tấm grafit đã được giãn nở và ép ở giữa. Việc sử dụng các đệm được làm bằng tấm grafit đã được giãn nở trong các cụm kết cấu bịt kín cho phép giảm khả năng rò rỉ chất tải nhiệt vòng sơ cấp của nhà máy điện hạt nhân khi chúng được sử dụng cho cả các bề mặt nút và hình trụ của cụm kết cấu bịt kín này.

Kỹ thuật gia công các lỗ thông sâu trong các ống góp của thiết bị tạo hơi nước, các tấm sàng ống và các bộ phận thiết bị khác của các nhà máy điện hạt nhân và hóa dầu được mô tả trong Patent Nga số 2514359, cấp ngày 27/04/2014, chỉ số phân loại sáng chế quốc tế (IPC): B23B 35/00. Phương pháp này bao gồm việc khoan sơ bộ các lỗ bằng dụng cụ khoan gồm có mũi khoan và cần gắn mũi khoan. Đồng thời dung dịch cắt được cấp ở áp suất ít nhất là 4 MPa vào khe hở giữa bề mặt được gia công và dụng cụ khoan và các mẫu vụn được loại bỏ bằng dòng dung dịch cắt chảy qua các rãnh bên trong của mũi khoan và cần gắn mũi khoan. Việc gia công hoàn thiện bề mặt này được thực hiện bằng mũi doa được lắp trên cùng cần gắn, trong khi các mẫu vụn được loại bỏ qua lỗ đã được khoan về phía trước theo hướng doa. Việc tháo mũi doa ra khỏi lỗ được kết hợp với việc miết bóng bề mặt lỗ, trong khi mũi doa này được quay ở tốc độ lớn hơn tốc độ quay trong quá trình doa tới bốn lần và tốc độ tháo mũi doa lớn hơn tốc độ vận hành từ 5 đến 7%. Việc sử dụng phương pháp này cho phép loại bỏ lớp bề mặt có ứng suất kéo dư, làm giảm độ nhám của bề mặt lỗ, tăng độ tin cậy vận hành của các mối nối trong thiết bị trao đổi nhiệt.

Sáng chế khác được bộc lộ trong Patent Nga số 2524461, cấp ngày 27/7/2014, chỉ số phân loại sáng chế quốc tế (IPC): B21D 39/06, giải quyết vấn đề gắn đầu ống trao đổi nhiệt trong các ống góp của thiết bị tạo hơi nước dạng ống. Theo sáng chế này, các đầu ống được làm giãn nở trước trên bề mặt trong của ống góp, các ống được hàn, tiến hành giãn nở thủy lực trong chiều dày ống góp, đầu trước nếu được giãn nở trong khu

vực sát với bề mặt trong này, sau đó loe cơ học trong khu vực sát với bề mặt ngoài của ống góp này. Đầu trước của ống được giãn nở bằng cách nong cơ học bằng các thiết bị nong 3 con lăn có hạn chế mô men xoắn trên trục dẫn động. Sau đó, tiến hành giãn nở thủy lực một hoặc hai giai đoạn. Sự chênh lệch đường kính giữa khu vực nong cơ học và khu vực giãn nở thủy lực phải giữ ở mức 0,75 - 1% đường kính ngoài của ống trao đổi nhiệt. Việc áp dụng sáng chế này làm tăng độ tin cậy và độ bền của mỗi nối. Phương pháp được mô tả này khá tốn nhân công và chỉ đề cập đến một công đoạn gắn ống trao đổi nhiệt vào ống góp, và không bao gồm toàn bộ quy trình chế tạo và lắp ráp ống góp chất tải nhiệt vòng sơ cấp của thiết bị tạo hơi nước nằm ngang của nhà máy điện hạt nhân NPP VVER.

Giải pháp kỹ thuật tương tự gần nhất với giải pháp kỹ thuật theo sáng chế là giải pháp được bộc lộ trong Patent Mẫu hữu ích số RU30928 cấp ngày 10/7/2003, chỉ số phân loại sáng chế quốc tế (IPC): F22B 1/02. Mẫu hữu ích này đề cập đến quy trình chế tạo thiết bị tạo hơi nước bao gồm bể chứa và cụm kết cấu trao đổi nhiệt có các ống góp chất tải nhiệt vòng sơ cấp đầu vào và đầu ra có chùm ống trao đổi nhiệt nằm ngang được kết nối với các ống góp này. Các ống trao đổi nhiệt nằm ngang được lắp ở khoảng cách tương đối theo phương ngang và phương thẳng đứng lần lượt là $(1,44 - 1,55) \cdot d$ và $(1,35 - 1,40) \cdot d$, trong đó d là đường kính ống. Phạm vi khoảng cách nêu trên dùng để lắp đặt ống trao đổi nhiệt là khả dụng, không bị hạn chế, cho việc bố trí kín các ống của chùm ống trao đổi nhiệt, tuy nhiên vấn đề định vị ống trao đổi nhiệt trong ống góp chất tải nhiệt trong trường hợp bố trí kín nêu trên của chùm ống trao đổi nhiệt vẫn chưa được giải quyết. Tức là, nếu sử dụng bố trí kín các ống trao đổi nhiệt với khoảng cách theo phương nằm ngang là $1,44 \cdot d$ và khoảng cách theo phương thẳng đứng là $1,35 \cdot d$ theo mẫu hữu ích này, độ cứng vững của phần được đục lỗ của ống góp chất tải nhiệt và việc dễ dàng đưa các ống trao đổi nhiệt vào trong ống góp này trong quá trình chế tạo các giàn chùm ống trao đổi nhiệt là không được đảm bảo.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế là tạo ra cụm kết cấu thiết bị tạo hơi nước nằm ngang bao gồm ống góp chất tải nhiệt vòng sơ cấp có chùm các ống trao đổi nhiệt hình chữ U trong khi duy trì được độ cứng vững của ống góp, độ kín và khả năng xử lý gắn chặt ống trao đổi nhiệt trong ống góp này và tăng mức điền đầy ống trao đổi nhiệt của thiết bị tạo hơi nước này.

Hiệu quả kỹ thuật của sáng chế gồm có độ cứng vững được đảm bảo của các mối nối xuyên qua thành ống góp giữa các lỗ để lắp ống trao đổi nhiệt và độ kín của mối nối giữa các ống trao đổi nhiệt và ống góp này trong khi bề mặt ngoài của phần được đục lỗ của ống góp này được sử dụng để đưa ống vào với hiệu suất tối đa.

Để giải quyết nhiệm vụ này, sáng chế đề xuất ống góp chất tải nhiệt vòng sơ cấp của thiết bị tạo hơi nước có các ống hình chữ U của chùm ống trao đổi nhiệt nằm ngang

được thiết kế dưới dạng bể chứa có thành dày được hàn, có phần giữa được đục lỗ được thiết kế để cho phép lắp và gắn chặt chùm ống trao đổi nhiệt hình chữ U trong ống góp này, trong đó các ống này được nhóm thành các giàn và được phân cách bởi các đường hầm thẳng đứng giữa các ống, phần trụ dưới được thiết kế để cho phép hàn nối với ống nối của bể chứa của thiết bị tạo hơi nước, và phần trụ trên có đầu nối tương thích hình nón để kết nối bích của lỗ chui với nắp, trong đó đường kính ngoài của ống góp vòng sơ cấp D_{head} ở phần giữa được lựa chọn dựa theo tỷ lệ sau:

$$2 \cdot \left[\frac{(d+5,5) \cdot (n_1+n_2)}{\pi} + 100 \right] \leq D_{\text{head}} \leq 2 \cdot \left[\sqrt{2} \cdot (n_1 - 1) \cdot S_h + \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot B_2 - \frac{\sqrt{2}}{4} \cdot (n_1 + n_2) \cdot S_h - R_h \cdot \text{tg} \left(\frac{\pi}{8} \right) + 100 \right]$$

trong đó: S_h là khoảng cách giữa các ống trao đổi nhiệt trong hàng chùm ống trao đổi nhiệt nằm ngang, mm,

B_2 là chiều rộng của chùm ống trao đổi nhiệt đối diện với ống góp chất tải nhiệt (chiều rộng của các đường hầm giữa các giàn ống), mm,

d là đường kính ngoài của ống trao đổi nhiệt, mm,

n_1 và n_2 tương ứng chỉ số lượng của các ống trong hàng nằm ngang của các giàn ống trao đổi nhiệt nhỏ và lớn,

R_h là bán kính uốn nhỏ nhất của các ống trong chùm ống trao đổi nhiệt, mm, với điều kiện các lỗ để gắn các ống trao đổi nhiệt được bố trí so le nhau ở phần trụ giữa của ống góp và khoảng cách giữa các mép của các lỗ cạnh nhau không nhỏ hơn 5,5 mm dọc theo bề mặt trong của ống góp này.

Khoảng cách giữa các mép lỗ trên bề mặt trong của bể ống góp chất tải nhiệt ít nhất là 5,5 mm, khoảng cách này cho phép hàn đầu ống trao đổi nhiệt dọc theo toàn bộ chiều dài chu vi của nó đảm bảo độ kín của mối nối.

Các ống trao đổi nhiệt được gắn chặt trong các lỗ trên thành bên ống góp là các ống thép không gỉ austenit được kéo liên không hàn.

Các ống trao đổi nhiệt trong chùm ống trao đổi nhiệt được nhóm thành các giàn có các đường hầm thẳng đứng giữa các ống rộng khoảng từ 100 mm đến 250 mm.

Chùm các ống trao đổi nhiệt được lắp các ống trao đổi nhiệt từ đáy lên trên một cách liên tục với các khe hở theo phương thẳng đứng giữa các ống cạnh nhau không lớn hơn khoảng cách theo phương thẳng đứng giữa các ống trong chùm ống này.

Các lỗ ở phần trụ giữa của bể ống góp nằm trên bề mặt ngoài của bể ống góp này từ đáy đến đỉnh và tạo thành vùng khoan lỗ. Do đường kính ngoài tăng dần trên ống góp, vùng khoan lỗ nêu trên bị hạn chế ở đáy bởi đường nhiều nét hình nêm đối xứng. Hình nêm này có đầu phẳng có phần nằm ngang. Kích thước phần nằm ngang ít nhất là $3(d_{\text{hol}} + 6)$ mm. Tính khả dụng và kích thước của phần nằm ngang này được lựa chọn để đáp

ứng yêu cầu về độ tin cậy của thiết bị tạo hơi nước này do làm giảm ứng suất dư trong ống góp này. Khu vực khoan lỗ được tạo dạng nêm đầu nhọn có thể làm tăng ứng suất, tức là góp phần làm xuất hiện vết nứt trong bề ống góp, do đó, tạo hình dạng vùng khoan lỗ đầu nhọn nêu trên không được sử dụng trong thiết kế ống góp theo sáng chế.

Bích nối lỗ chui có nắp được trang bị đệm grafit đã được giãn nở, cụ thể là, đệm grafit đã được giãn nở nhiệt, được thiết kế dưới dạng vòng tấm grafit được ép được tăng cường bằng đai thép không gỉ. Bích nối được bịt kín bằng các đệm grafit đã được giãn nở nhiệt cho phép làm giảm ứng suất tải trước trên bích nối này và cải thiện trạng thái căng của ống góp chất tải nhiệt.

Mục đích thứ hai của sáng chế là phương pháp chế tạo ống góp chất tải nhiệt vòng sơ cấp của thiết bị tạo hơi nước có các ống hình chữ U của chùm ống trao đổi nhiệt nằm ngang bao gồm việc chế tạo sẵn hai khối rèn phức hợp và các ống trao đổi nhiệt hình chữ U, lắp ráp và hàn khối rèn này, khoan các lỗ thông ở phần trụ giữa của ống góp, lắp ráp chùm ống trao đổi nhiệt gồm các ống trao đổi nhiệt hình chữ U đã được nhóm thành giàn và được phân cách bởi các đường hầm thẳng đứng giữa các ống trong chùm ống này, gắn mỗi ống trao đổi nhiệt vào các lỗ của ống góp vòng sơ cấp bằng cách cán và hàn trên bề mặt trong của ống góp, trong đó đường kính ngoài của ống góp vòng sơ cấp D_{head} trong phần giữa được lựa chọn dựa theo tỷ lệ sau:

$$2 \cdot \left[\frac{(d+5,5) \cdot (n_1+n_2)}{\pi} + 100 \right] \leq D_{head} \leq 2 \cdot \left[\sqrt{2} \cdot (n_1 - 1) \cdot S_h + \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot B_2 - \frac{\sqrt{2}}{4} \cdot (n_1 + n_2) \cdot S_h - R_h \cdot tg \left(\frac{\pi}{8} \right) + 100 \right],$$

trong đó: S_h là khoảng cách giữa các ống trao đổi nhiệt trong hàng nằm ngang của chùm ống trao đổi nhiệt, mm,

B_2 là chiều rộng của chùm ống trao đổi nhiệt đối diện với ống góp chất tải nhiệt (chiều rộng của các đường hầm giữa các giàn ống), mm,

d là đường kính ngoài của ống trao đổi nhiệt, mm,

n_1 và n_2 tương ứng chỉ số lượng của các ống trong hàng nằm ngang của các giàn ống trao đổi nhiệt nhỏ và lớn,

R_h là bán kính uốn nhỏ nhất của các ống trong chùm ống trao đổi nhiệt, mm, với điều kiện các lỗ để gắn các ống trao đổi nhiệt được bố trí so le nhau ở phần trụ giữa của ống góp và khoảng cách giữa các mép của các lỗ cạnh nhau không nhỏ hơn 5,5 mm dọc theo bề mặt trong của ống góp.

Theo phương pháp của sáng chế, các ống trao đổi nhiệt được gắn chặt trong các lỗ ở phần trụ giữa của ống góp bằng cách hàn xung quanh các đầu ống với bề mặt trong của ống góp, sau đó giãn nở thủy lực các ống trao đổi nhiệt trên độ dày của thành ống

góp và làm uốn cơ học gần bề mặt ngoài của ống góp cho đến khi khe hở giữa bề ống góp và ống trao đổi nhiệt được đưa vào trong đó được đóng kín.

Chùm ống trao đổi nhiệt được lắp các ống trao đổi nhiệt một cách đồng đều từ đáy lên trên có các khe hở thẳng đứng giữa các ống cạnh nhau không lớn hơn khoảng cách theo phương thẳng đứng giữa các ống trong chùm ống này, khi ống góp được lắp trong bể chứa của thiết bị tạo hơi nước, chiều cao của khu vực được khoan lỗ của nó phải không lớn hơn các giới hạn sắp xếp được đặt ra cho hàng trên của các ống trong chùm ống trao đổi nhiệt trong thiết bị tạo hơi nước này.

Nếu ống góp chất tải nhiệt được lắp ráp với chùm ống trao đổi nhiệt được đưa vào các lỗ được khoan trong phần giữa của ống góp này, bán kính uốn của ống trao đổi nhiệt ít nhất phải là 60 mm, và ưu tiên ít nhất là 100 mm. Bán kính uốn được tăng lên cho phép đưa dụng cụ dò điện từ vào mỗi ống trao đổi nhiệt để kiểm tra dòng điện xoáy về sự đồng nhất của ống và chất lượng mối nối. Khả năng thực hiện 100% kiểm tra dòng điện xoáy về sự đồng nhất của ống trao đổi nhiệt và chất lượng mối nối giữa các ống với ống góp chất tải nhiệt làm cải thiện hiệu suất, độ tin cậy và độ bền của thiết bị tạo hơi nước này.

Để đảm bảo đáp ứng các yêu cầu về độ cứng vững của ống góp chất tải nhiệt, yêu cầu bổ sung là bề mặt ngoài của khu vực khoan lỗ lớn hơn diện tích lỗ ít nhất là 20% nếu các lỗ được khoan ở phần trụ giữa của ống góp.

Sáng chế cho phép lựa chọn đường kính ngoài của ống góp chất tải nhiệt trong phạm vi đạt được hiệu quả kỹ thuật. Giá trị thấp của phạm vi đường kính ống góp được suy ra có thể vẫn đảm bảo khả năng xử lý gắn chặt ống trong ống góp, trong đó các đầu ống được hàn xung quanh với ống góp trên bề mặt ngoài của bể ống góp và độ cứng vững của ống góp. Giá trị cao của phạm vi đường kính ống góp cho phép đảm bảo khả năng gia công cụm kết cấu thiết bị tạo hơi nước, tức là khả năng đưa tất cả các ống trong chùm ống trao đổi nhiệt vào trong các lỗ của ống góp chất tải nhiệt.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig.1 thể hiện hình vẽ mặt cắt riêng phần của bể ống góp chất tải nhiệt vòng sơ cấp.

Fig.2 thể hiện mặt cắt ngang của khu vực khoan lỗ của bể ống góp chất tải nhiệt vòng sơ cấp ở phần trụ giữa của ống góp này.

Fig.3 thể hiện chi tiết mặt cắt ngang của khu vực khoan lỗ của bể ống góp chất tải nhiệt vòng sơ cấp.

Fig.4 thể hiện phần cụm kết cấu thiết bị tạo hơi nước bao gồm hai ống góp chất tải nhiệt vòng sơ cấp có các ống trao đổi nhiệt hình chữ U được nhóm thành các giàn và được phân cách bởi các đường hầm thẳng đứng giữa các ống.

Fig.5 thể hiện chi tiết phần của ống góp chất tải nhiệt có các ống trao đổi nhiệt được đưa vào trong đó.

Fig.6 thể hiện sự khai triển hoàn toàn của bể ống góp chất tải nhiệt vòng sơ cấp.

Fig.7 thể hiện mặt cắt ngang của bể chứa của thiết bị tạo hơi nước nằm ngang.

Fig.8 thể hiện việc đưa ống trao đổi nhiệt vào trong lỗ trên thành bên của ống góp.

Mô tả chi tiết sáng chế

Như được thể hiện trong Fig.1, ống góp chất tải nhiệt vòng sơ cấp của thiết bị tạo hơi nước nằm ngang 1 có thân dạng bể dày. Phần trụ giữa 2 của ống góp này có các lỗ sâu 3 được thể hiện trong Fig.2 và Fig.3 trong phần được sử dụng để gắn các đầu của ống trao đổi nhiệt 4 trong đó như được thể hiện trong Fig.4, Fig.5 và Fig.8. Phần trụ dưới 5 của ống góp này được thiết kế như được thể hiện trong Fig.7 có khả năng kết nối với ống nối 6 của bể chứa của thiết bị tạo hơi nước 7 bằng cách hàn, và phần trên 8 của ống góp này có bích nối để chui vào trong. Bích nối này được thiết kế có đầu nối tương thích hình nón 9 để gắn bích nối này của lỗ chui với nắp 10 của nó.

Ống góp 1 có phần trụ giữa 2 có một số lượng lớn các lỗ khoan 3 được thiết kế để cho phép lắp và gắn chùm các ống trao đổi nhiệt hình chữ U 4 được nhóm thành các giàn 11 và 12 và được phân cách bởi các đường hầm thẳng đứng giữa các ống 13 trong các lỗ 3 nêu trên. Các lỗ 3 được bố trí so le nhau trên phần trụ giữa 2 của ống góp.

Các lỗ 3 ở phần trụ giữa 2 của bể ống góp 1 phân bố trên bề mặt ngoài của phần trụ giữa này từ đáy lên đỉnh. Các giới hạn của các hàng trên và hàng dưới của các lỗ 3 được thể hiện bởi các đường chấm vạch nằm ngang trong Fig.1. Fig.6 thể hiện sự khai triển của ống góp 1 trên đường kính ngoài, vùng khoan lỗ 14 nêu trên được thể hiện bị giới hạn ở đáy bởi đường nhiều nét 15 dạng hình nêm đối xứng. Nêm này giới hạn khu vực khoan lỗ ở đáy có đầu phẳng 16 có phần nằm ngang. Kích thước của phần nằm ngang này ít nhất là $3(d_{hol} + 6)$ mm. Tính khả dụng và kích thước của phần nằm ngang là cần thiết để loại bỏ sự tăng ứng suất trong khu vực bể ống góp và tăng độ cứng vững và độ tin cậy của bể ống góp này.

Bích nối của lỗ chui có nắp được trang bị đệm bịt kín grafit đã được giãn nở nhiệt 17.

Phương pháp lắp ráp thiết bị tạo hơi nước bao gồm ống góp chất tải nhiệt vòng sơ cấp 1 có các ống hình chữ U 4 của chùm ống trao đổi nhiệt nằm ngang bao gồm việc gia công trước hai khối rèn phức hợp. Khối rèn thứ nhất được thiết kế để tạo ra phần trụ dưới 5 và phần trụ giữa 2 của bể ống góp 1. Khối rèn thứ hai tạo ra phần hình nón phía trên có mặt bích 8 của ống góp 1. Sau đó, các khối rèn này được lắp ráp và được hàn. Vừa chống ăn mòn hai lớp 18 được phủ lên bề mặt trong của bể ống góp. Ngoài ra, một

số lượng nhất định các ống trao đổi nhiệt hình chữ U được chế tạo. Các lỗ 3 được khoan theo quy trình đã được thiết lập ở phần trụ giữa 2 của ống góp 1, chùm ống trao đổi nhiệt được lắp ráp có các ống trao đổi nhiệt hình chữ U 4 được nhóm thành các giàn 11 và 12 được phân cách bởi các đường hầm thẳng đứng giữa các ống 13. Mỗi ống trao đổi nhiệt 4 được đưa vào lỗ 3 tương ứng của nó trong bề ống góp 1. Các ống 4 được gắn chặt trong các lỗ của ống góp vòng sơ cấp bằng cách cán, sau đó là hàn xung quanh (hàn vòng xuyên) đầu của ống 4 với bề mặt trong của ống góp 1. Mỗi hàn hình vòng xuyên 19 nêu trên được thể hiện trong Fig.8. Sau đó, tiến hành giãn nở thủy lực cho mỗi ống trao đổi nhiệt 4 trên chiều dày thành ống góp L bằng cách uốn cơ học gần bề mặt ngoài của ống góp 1 cho đến khi khe hở giữa bề ống góp và các ống trao đổi nhiệt 4 được đóng kín.

Để đảm bảo độ cứng vững của thành ống góp 1, các cầu nối 19 giữa các lỗ 3 với các ống trao đổi nhiệt 4 đã được gắn chặt và độ kín của các mối nối ống trao đổi nhiệt đã nêu với ống góp, cũng như để đảm bảo việc sử dụng hiệu quả hơn bề mặt ngoài của ống góp được đục lỗ để nối ống, cần phải lựa chọn một cách phù hợp đường kính ngoài D_{head} của ống góp ở phần giữa (khu vực khoan lỗ) của ống góp này.

Nhằm mục đích này, mối quan hệ kinh nghiệm sau được sử dụng:

$$2 \cdot \left[\frac{(d+5,5) \cdot (n_1+n_2)}{\pi} + 100 \right] \leq D_{head} \leq 2 \cdot \left[\sqrt{2} \cdot (n_1 - 1) \cdot S_h + \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot B_2 - \frac{\sqrt{2}}{4} \cdot (n_1 + n_2) \cdot S_h - R_h \cdot tg \left(\frac{\pi}{8} \right) + 100 \right],$$

trong đó: S_h là khoảng cách giữa các ống trao đổi nhiệt trong hàng nằm ngang của chùm ống trao đổi nhiệt, mm,

B_2 là chiều rộng của chùm ống trao đổi nhiệt đối diện với ống góp chất tải nhiệt (chiều rộng của các đường hầm giữa các giàn ống), mm,

d là đường kính ngoài của ống trao đổi nhiệt, mm,

n_1 và n_2 tương ứng chỉ số lượng của các ống trong hàng nằm ngang của các giàn ống trao đổi nhiệt nhỏ và lớn, mm,

R_h là bán kính uốn nhỏ nhất của các ống trong chùm ống trao đổi nhiệt, mm.

Các số đo của thông số liên quan được thể hiện trong các Fig. 2–4.

Các lỗ 3 dùng để gắn chặt các ống trao đổi nhiệt 4 được bố trí so le nhau ở phần trụ giữa của ống góp, và khoảng cách giữa các mép của các lỗ cạnh nhau 3 không được nhỏ hơn 5,5 mm dọc theo bề mặt trong của ống góp. Nếu ống góp 1 được lắp trong bể chứa của thiết bị tạo hơi nước 7, thì chiều cao của phần được khoan lỗ 14 không được lớn hơn các giới hạn bố trí được thiết lập đối với hàng trên của các ống trong chùm ống trao đổi nhiệt trong thiết bị tạo hơi nước này.

Nếu ống góp chất tải nhiệt được lắp với chùm ống trao đổi nhiệt được đưa vào trong các lỗ 3 được khoan trong phần giữa 2 của ống góp, thì bán kính uốn của ống trao đổi nhiệt ít nhất phải là 60 mm, và ưu tiên ít nhất là 100 mm để đảm bảo thử nghiệm dòng điện xoáy và kiểm soát chất lượng của cụm kết cấu này.

Cụm kết cấu theo sáng chế được vận hành như một phần của thiết bị tạo hơi nước nằm ngang của nhà máy điện hạt nhân.

Chất tải nhiệt vòng sơ cấp được gia nhiệt trong lò phản ứng được cấp vào ống góp đầu vào 1 của chất tải nhiệt vòng sơ cấp. Từ ống góp đầu vào 1 này, chất tải nhiệt được cấp đến các ống trao đổi nhiệt 4 được nhóm thành các giàn 11 và 12, đi qua các ống này trong khi truyền nhiệt qua các thành của các ống trao đổi nhiệt 4 đến chất tải nhiệt vòng thứ cấp, tức là nước nồi hơi, và được thu gom trong ống góp đầu ra hoặc ống góp thu gom 20 của chất tải nhiệt vòng sơ cấp. Chất tải nhiệt này được đưa trở lại lò phản ứng từ ống góp đầu ra 20 bằng bơm tuần hoàn. Bể chứa của thiết bị tạo hơi nước 7 được nạp nước nồi hơi đến mức nhất định phía trên chùm ống trao đổi nhiệt và mức này cần được duy trì trong quá trình vận hành. Nước cấp được cấp cho thiết bị tạo hơi nước qua ống nối 21 dùng để cấp nước và cửa nạp nước cấp vào và thiết bị phân phối. Nước cấp này chảy ra khỏi ống nối này được trộn với nước nồi hơi và được gia nhiệt đến nhiệt độ bão hòa. Nhiệt được truyền từ chất tải nhiệt vòng sơ cấp được sử dụng để làm bay hơi nước nồi hơi và tạo ra hơi nước trong khoảng trống giữa các ống của thiết bị tạo hơi nước. Hơi nước đã được tạo ra đi lên phần phân tách của thiết bị tạo hơi nước bao gồm thể tích tự do, các thiết bị phân tách hoặc kết hợp của chúng. Sau khi đi qua phần phân tách của thiết bị tạo hơi nước này, hơi nước có độ ẩm định mức theo thiết kế. Sau đó, hơi nước này đi ra khỏi thiết bị tạo hơi nước qua các thiết bị tháo hơi nước bao gồm các ống nối tháo hơi nước 22 và các tấm được đục lỗ phía trên được lắp phía trước các ống nối này. Hơi nước được tạo ra bởi thiết bị tạo hơi nước này còn được sử dụng trong chu trình xử lý hơi nước - điện năng của máy phát điện.

Trong quá trình vận hành thiết bị tạo hơi nước, ống góp chất tải nhiệt vòng sơ cấp kết nối với các ống trong chùm ống trao đổi nhiệt hình chữ U là cụm kết cấu chính đòi hỏi đảm bảo mật độ liên vòng, vì bất kỳ sự rò rỉ nào đều dẫn đến sự xâm nhập nước phóng xạ chất tải nhiệt vòng sơ cấp vào chất tải nhiệt hơi nước-nước vòng thứ cấp tuần hoàn qua tuabin và các bộ phận kết cấu khác của nhà máy điện hạt nhân (NPP) có khả năng phát tán chất phóng xạ ra môi trường.

Giải pháp kỹ thuật theo sáng chế đề cập đến thiết kế ống góp chất tải nhiệt của thiết bị tạo hơi nước có các ống hình chữ U của chùm ống trao đổi nhiệt nằm ngang và phương pháp chế tạo chùm ống này tạo ra các hiệu quả kỹ thuật sau: đảm bảo độ cứng vững an toàn của các cầu nối thành ống góp giữa các lỗ dùng để gắn chặt các ống trao đổi nhiệt, độ kín của các mối nối ống trao đổi nhiệt với ống góp với giả định rằng bề mặt ngoài của phần ống góp được khoan lỗ được sử dụng để nối ống một cách hiệu quả hơn.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Thiết bị tạo hơi nước được chế tạo có bố trí các ống thẳng hàng. Khoảng cách theo phương nằm ngang giữa các ống trong chùm ống trao đổi nhiệt là $S_h=27$ mm. Để tạo ra chùm ống trao đổi nhiệt, sử dụng các ống trao đổi nhiệt $\varnothing 18$ mm. Bán kính uốn nhỏ nhất của các ống là $R_h=120$ mm. Số lượng ống trao đổi nhiệt trong hàng nằm ngang của mỗi giàn là $n_1=n_2=44$. Chiều rộng của các đường hầm giữa các giàn ống là $B_1=B_2=220$ mm.

$$D_{\min} = \left[\frac{(d+5,5) \cdot (n_1+n_2)}{\pi} + 100 \right] = 1517 \text{ mm},$$

$$D_{\max} = 2 \cdot \left[\sqrt{2} \cdot (n_1 - 1) \cdot S_h + \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot B_2 - \frac{\sqrt{2}}{4} \cdot (n_1 + n_2) \cdot S_h - R_h \cdot \operatorname{tg} \left(\frac{\pi}{8} \right) + 100 \right] = 1987 \text{ mm}.$$

Nếu đường kính ống góp chất tải nhiệt D nhỏ hơn 1517 mm, ví dụ, 1500 mm, thì khoảng cách theo chiều ngang của các ống dọc theo bề mặt ngoài của ống góp sẽ là:

$$S = \frac{\pi \cdot D}{2 \cdot (n_1 + n_2)} = \frac{\pi \cdot 1500}{2 \cdot (44 + 44)} = 26,78 \text{ mm}$$

Trong trường hợp các giá trị áp suất theo thiết kế dành riêng cho thiết bị vòng sơ cấp của các nhà máy điện hạt nhân (NPP) có các lò phản ứng VVER, độ dày của ống góp sẽ là 205 mm.

Do đó, khoảng cách theo phương nằm ngang giữa các ống dọc theo bề mặt trong của ống góp sẽ là

$$S_{\text{in}} = S \cdot \frac{D}{D + 2 \cdot 205} = 21 \text{ mm},$$

và khe hở giữa các ống trong ống góp sẽ là: $\delta = S_{\text{in}} - d = 21 - 18 = 3$ mm. Nếu khe hở giữa các ống cạnh nhau là 3 mm, sẽ không thể tẩy nấu chúng và về mặt kỹ thuật không thể chế tạo thiết bị tạo hơi nước, do không tạo ra được độ kín và độ cứng vững của các mối nối ống trao đổi nhiệt với ống góp chất tải nhiệt vòng sơ cấp.

Nếu đường kính lớn hơn 1987 mm đối với phần các ống trong chùm ống trao đổi nhiệt, sẽ không thể đưa các ống này vào trong các lỗ ở phần ống góp được khoan lỗ do bề mặt bên của ống góp sẽ cắt ngang qua phần ống được uốn cong. Không thể đưa ống đã được uốn vào trong lỗ. Do đó, mức điền đầy ống trao đổi nhiệt của thiết bị tạo hơi nước, diện tích bề mặt trao đổi nhiệt của thiết bị tạo hơi nước, công suất của thiết bị này, các chỉ số kinh tế - kỹ thuật và công suất sẽ bị giảm.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Ống góp chất tải nhiệt vòng sơ cấp của thiết bị tạo hơi nước bao gồm:

chùm ống trao đổi nhiệt nằm ngang gồm các ống hình chữ U, trong đó các ống hình chữ U này được nhóm thành các giàn và được phân cách bởi các đường hầm thẳng đứng giữa các ống;

bề thành dày được hàn có phần trụ giữa được khoan lỗ được tạo hình dạng để lắp và gắn chặt chùm ống trao đổi nhiệt trong đó, phần trụ giữa này có diện tích khoan lớn hơn diện tích các lỗ ít nhất 20%,

trong đó phần trụ dưới của bề được hàn này được tạo hình dạng để hàn nối với bề chứa của thiết bị tạo hơi nước của vòng sơ cấp của thiết bị tạo hơi nước,

trong đó phần trụ trên của bề được hàn này bao gồm đầu nối tương thích hình nón được tạo hình dạng để tạo bích nối với lỗ chui có nắp, và

trong đó ống góp vòng sơ cấp này có đường kính ngoài D_{head} ở phần trụ giữa này được tạo hình dạng theo tỷ lệ sau:

$$2 \cdot \left[\frac{(d+5,5) \cdot (n_1+n_2)}{\pi} + 100 \right] \leq D_{\text{head}} \leq 2 \cdot \left[\sqrt{2} \cdot (n_1 - 1) \cdot S_h + \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot B_2 - \frac{\sqrt{2}}{4} \cdot (n_1 + n_2) \cdot S_h - R_h \cdot \lg \left(\frac{\pi}{8} \right) + 100 \right]$$

trong đó: S_h là khoảng cách giữa các ống hình chữ U trong chùm ống trao đổi nhiệt nằm ngang, mm,

B_2 là chiều rộng của chùm ống trao đổi nhiệt đối diện với ống góp chất tải nhiệt (chiều rộng của các đường hầm giữa các giàn ống), mm,

d là đường kính ngoài của ống trao đổi nhiệt, mm,

n_1 và n_2 tương ứng chỉ số lượng của các ống trong hàng nằm ngang của các giàn ống trao đổi nhiệt nhỏ và lớn, mm,

R_h là bán kính uốn nhỏ nhất của các ống hình chữ U, mm, và

các lỗ để gắn chặt các ống trao đổi nhiệt ở phần trụ giữa được khoan lỗ của ống góp được bố trí so le nhau sao cho khoảng cách giữa các mép của các lỗ cạnh nhau không nhỏ hơn 5,5 mm.

2. Ống góp theo điểm 1, trong đó các ống hình chữ U là các ống thép không gỉ auxtenit được kéo liên không mối hàn.

3. Ống góp theo điểm 1, trong đó các ống hình chữ U trong chùm ống trao đổi nhiệt được nhóm thành các giàn được phân cách bởi các đường hầm thẳng đứng giữa các ống có chiều rộng nằm trong khoảng từ 100 mm đến 250 mm.

4. Ống góp theo điểm 1, trong đó bích nối của đầu nối tương thích hình nón với lỗ chui này, có nắp, được trang bị đệm bịt kín được làm bằng grafit đã được giãn nở.

5. Ống góp theo điểm 4, trong đó đệm bịt kín của bích nối bao gồm tấm grafit đã được giãn nở và ép được tăng cường bằng đai thép không gỉ.

6. Ống góp theo điểm 1, trong đó các lỗ của phần trụ giữa được khoan lỗ bao gồm khu vực khoan lỗ có các lỗ xuyên qua, khu vực khoan lỗ này được giới hạn ở đáy bởi nêm đối xứng có đầu phẳng.

7. Ống góp theo điểm 6, trong đó khu vực khoan lỗ được giới hạn ở đáy bởi đường nhiều nét hình nêm có đầu phẳng, và chiều dài của khu vực phẳng này không nhỏ hơn $3 \cdot (d_{\text{hole}} + 6)$ mm, trong đó d_{hole} là đường kính lỗ.

8. Phương pháp chế tạo ống góp chất tải nhiệt vòng sơ cấp của thiết bị tạo hơi nước có các ống hình chữ U của chùm ống trao đổi nhiệt nằm ngang, phương pháp này bao gồm:

chế tạo hai khối rèn phức hợp và các ống trao đổi nhiệt hình chữ U,

lắp ráp và hàn các khối rèn này,

khoan các lỗ ở phần trụ giữa của ống góp sao cho diện tích vùng khoan lớn hơn diện tích của các lỗ ít nhất là 20%,

lắp ráp chùm ống trao đổi nhiệt gồm các ống trao đổi nhiệt hình chữ U bằng cách nhóm các ống hình chữ U thành các giàn được phân cách bởi các đường hầm thẳng đứng giữa các ống,

gắn chặt mỗi ống hình chữ U trong các lỗ của ống góp vòng sơ cấp bằng cách cán và hàn trên bề mặt trong của ống góp,

trong đó đường kính ngoài của ống góp vòng sơ cấp D_{head} ở phần giữa được lựa chọn dựa theo tỷ lệ sau:

$$2 \cdot \left[\frac{(d+5,5) \cdot (n_1+n_2)}{\pi} + 100 \right] \leq D_{\text{head}} \leq 2 \cdot \left[\sqrt{2} \cdot (n_1 - 1) \cdot S_h + \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot B_2 - \frac{\sqrt{2}}{4} \cdot (n_1 + n_2) \cdot S_h - R_h \cdot \operatorname{tg} \left(\frac{\pi}{8} \right) + 100 \right],$$

trong đó: S_h là khoảng cách giữa các ống trao đổi nhiệt trong chùm ống trao đổi nhiệt nằm ngang, mm,

B_2 là chiều rộng của chùm ống trao đổi nhiệt đối diện với ống góp chất tải nhiệt (chiều rộng của các đường hầm giữa các giàn ống), mm,

d là đường kính ngoài của ống trao đổi nhiệt, mm,

n_1 và n_2 tương ứng chỉ số lượng của các ống trong hàng nằm ngang của các giàn ống trao đổi nhiệt nhỏ và lớn, mm,

R_h là bán kính uốn nhỏ nhất của các ống trong chùm ống trao đổi nhiệt, mm, và

các lỗ được khoan để gắn chặt các ống trao đổi nhiệt được bố trí so le nhau ở phần trụ giữa của ống góp sao cho khoảng cách giữa các mép của các lỗ cạnh nhau không nhỏ hơn 5,5 mm.

9. Phương pháp theo điểm 8, trong đó các ống hình chữ U này được gắn chặt trong các lỗ ở phần giữa của ống góp này bằng các bước:

cán-hàn các đầu ống trên bề mặt trong của các ống góp,

sau đó giãn nở thủy lực các ống hình chữ U này, và

uốn cơ học gần bề mặt ngoài của các ống góp cho đến khi khe hở giữa các ống góp và các ống trao đổi nhiệt được đóng kín.

10. Phương pháp theo điểm 8, trong đó phương pháp này còn bao gồm việc sắp xếp các chùm ống trao đổi nhiệt một cách đều nhau từ đáy lên trên có các khe hở theo phương thẳng đứng giữa các ống cạnh nhau không lớn hơn khoảng cách theo phương thẳng đứng giữa các ống trong chùm ống này.

11. Phương pháp theo điểm 8, trong đó trong quá trình lắp ống góp chất tải nhiệt vòng sơ cấp vào bề áp lực của thiết bị tạo hơi nước, chiều cao của khu vực khoan lỗ không vượt quá các giới hạn sắp xếp được thiết lập cho hàng trên của các ống trong chùm ống trao đổi nhiệt.

12. Phương pháp theo điểm 8, trong đó trong quá trình chế tạo, bán kính uốn cong của ống hình chữ U ít nhất là 60 mm, và ưu tiên ít nhất là 100 mm.

13. Ống góp chất tải nhiệt vòng sơ cấp của thiết bị tạo hơi nước nằm ngang dùng cho các nhà máy điện hạt nhân, ống góp chất tải nhiệt này bao gồm:

chùm ống trao đổi nhiệt nằm ngang gồm các ống hình chữ U, trong đó các ống hình chữ U này được nhóm thành các giàn và được phân cách bởi các đường hầm thẳng đứng giữa các ống; và

phần trụ giữa có diện tích vùng khoan lỗ lớn hơn diện tích các lỗ ít nhất 20%; đường kính ngoài D_{head} của phần trụ giữa này được tạo hình dạng theo tỷ lệ sau:

$$2 \cdot \left[\frac{(d+5,5) \cdot (n_1+n_2)}{\pi} + 100 \right] \leq D_{\text{head}} \leq 2 \cdot \left[\sqrt{2} \cdot (n_1 - 1) \cdot S_h + \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot B_2 - \frac{\sqrt{2}}{4} \cdot (n_1 + n_2) \cdot S_h - R_h \cdot \text{tg} \left(\frac{\pi}{8} \right) + 100 \right]$$

trong đó:

S_h là khoảng cách giữa các ống trao đổi nhiệt trong hàng nằm ngang của chùm ống trao đổi nhiệt, mm,

B_2 là chiều rộng của khe hở chùm ống trao đổi nhiệt đối diện với ống góp chất tải nhiệt (chiều rộng của các đường hầm giữa các giàn ống), mm,

d là đường kính ngoài của các ống trao đổi nhiệt, mm,

n_1 và n_2 tương ứng chỉ số lượng của các ống trong hàng nằm ngang của các giàn ống trao đổi nhiệt nhỏ và lớn, mm,

R_h là bán kính uốn nhỏ nhất của các ống trong chùm ống trao đổi nhiệt, mm, trong đó các ống trao đổi nhiệt được sắp xếp ở phần trụ giữa của ống góp này được bố trí so le nhau sao cho khoảng cách theo phương nằm ngang giữa các mép của các ống cạnh nhau trên bề mặt trong của ống góp này ít nhất là 5,5 mm.

14. Ống góp theo điểm 13, trong đó ống góp này còn bao gồm đầu nối tương thích hình nón với lỗ chui được trang bị đệm bịt kín được làm bằng grafit đã được giãn nở.

15. Ống góp theo điểm 13, trong đó đệm bịt kín này bao gồm tấm grafit đã được giãn nở và dập được tăng cường bằng đai thép không gỉ.

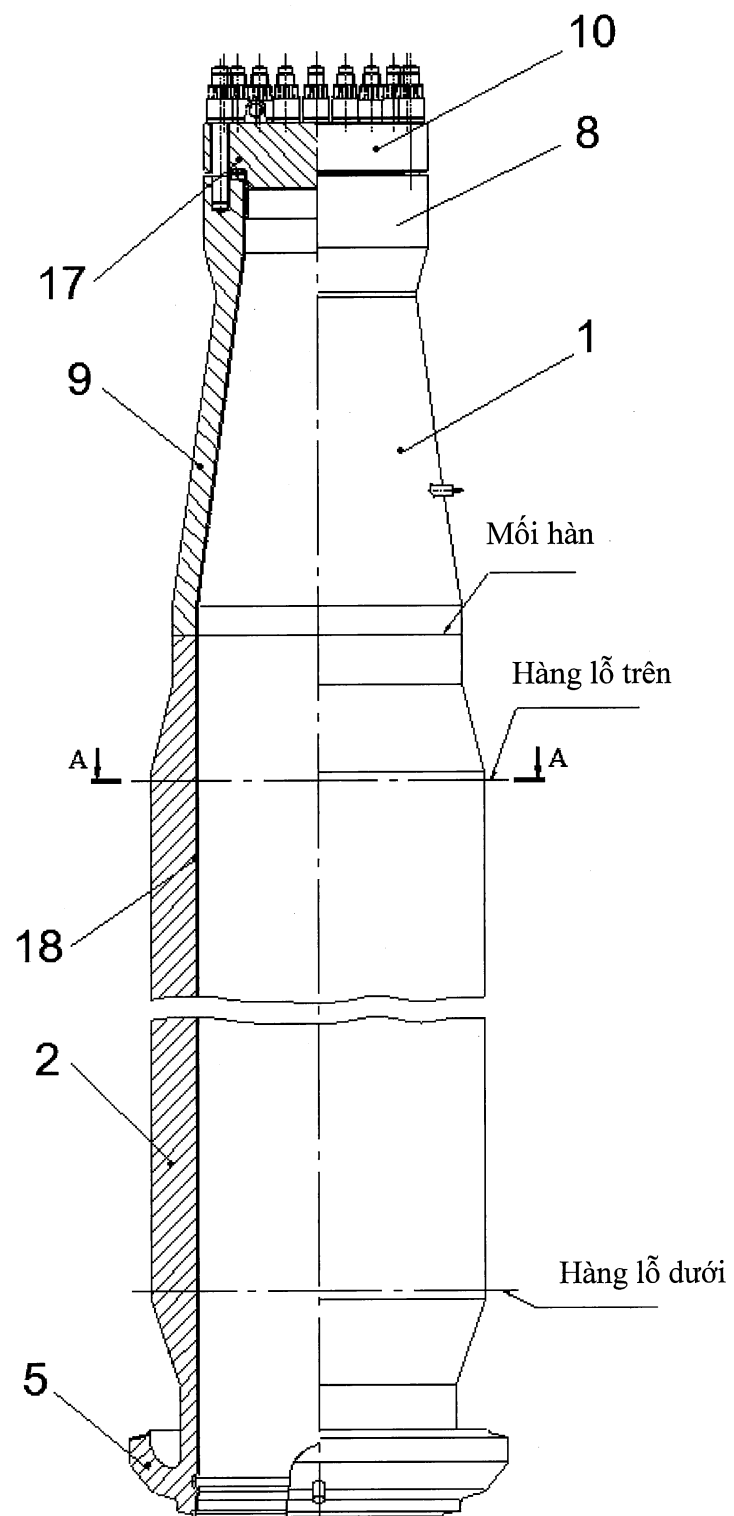


Fig.1

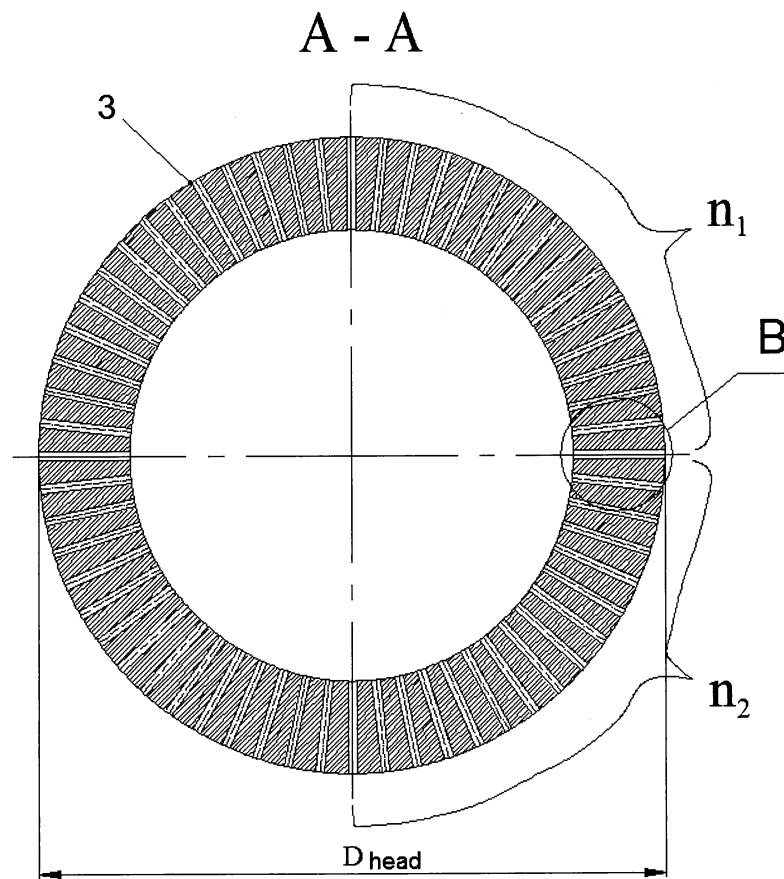


Fig.2

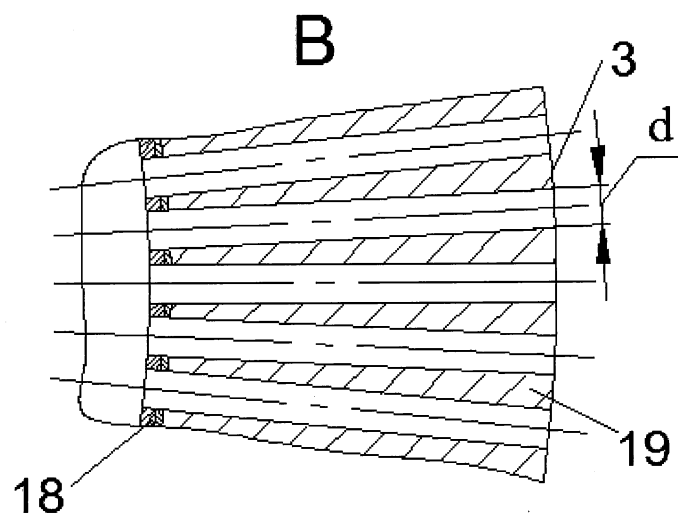


Fig.3

28138

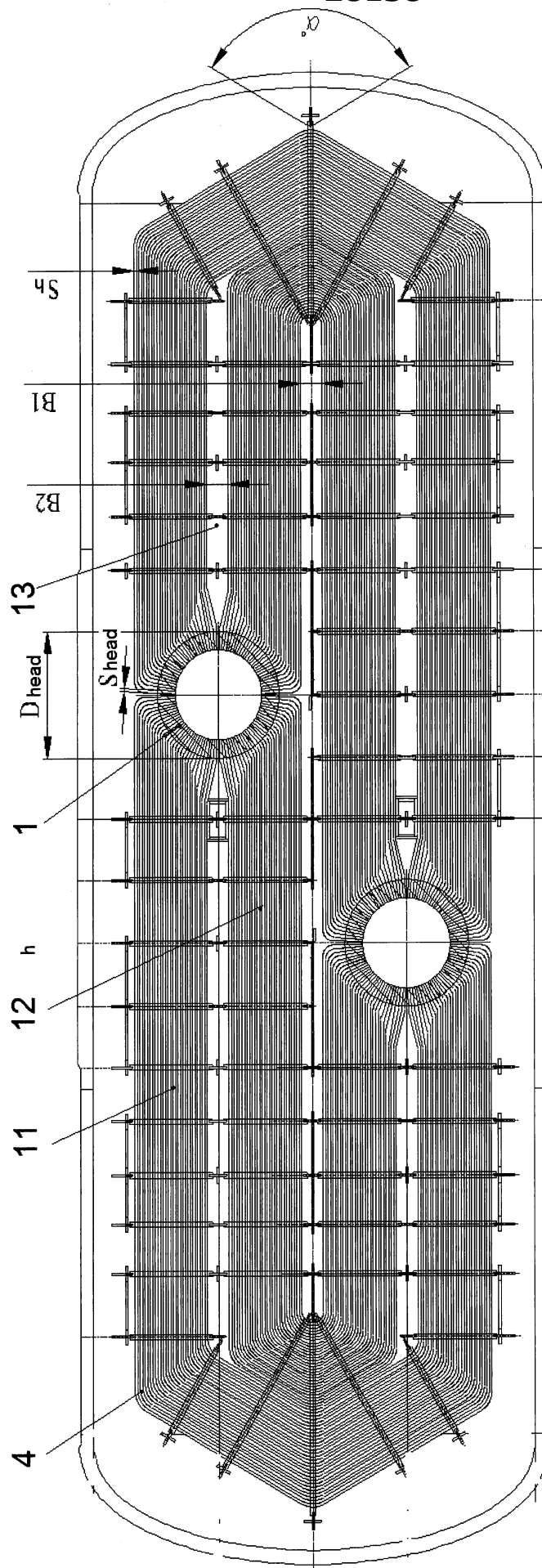


Fig.4

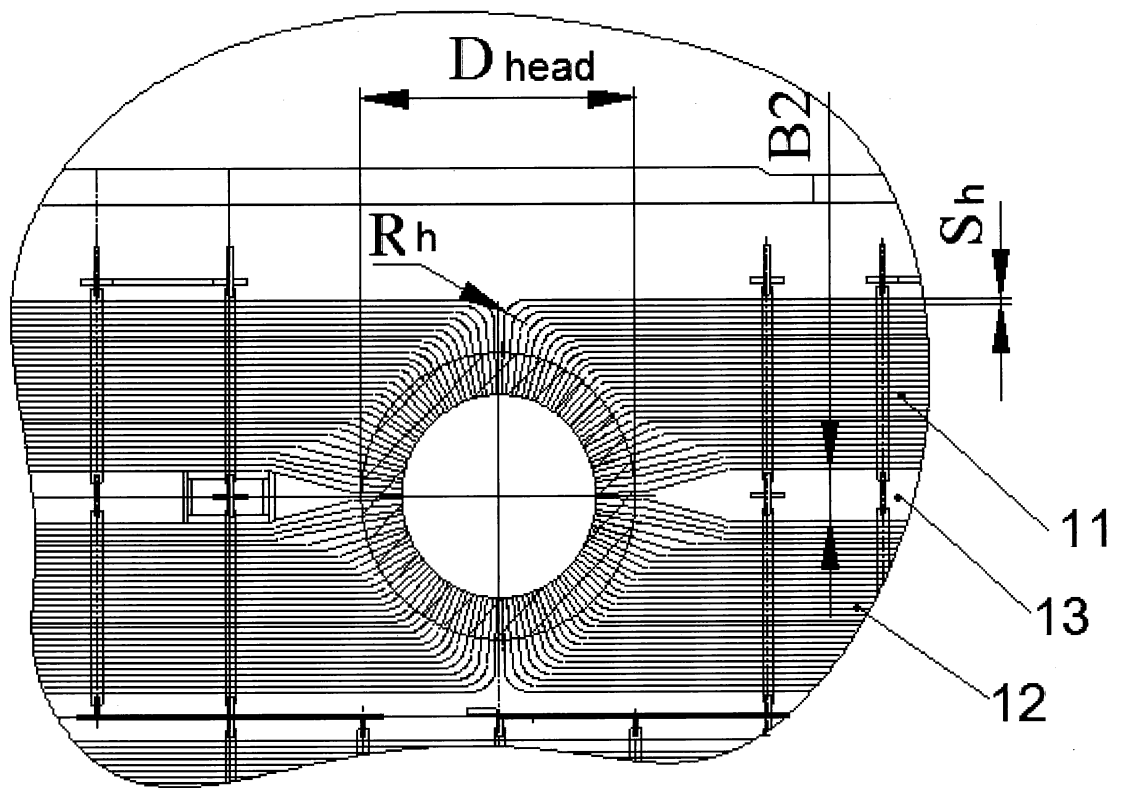
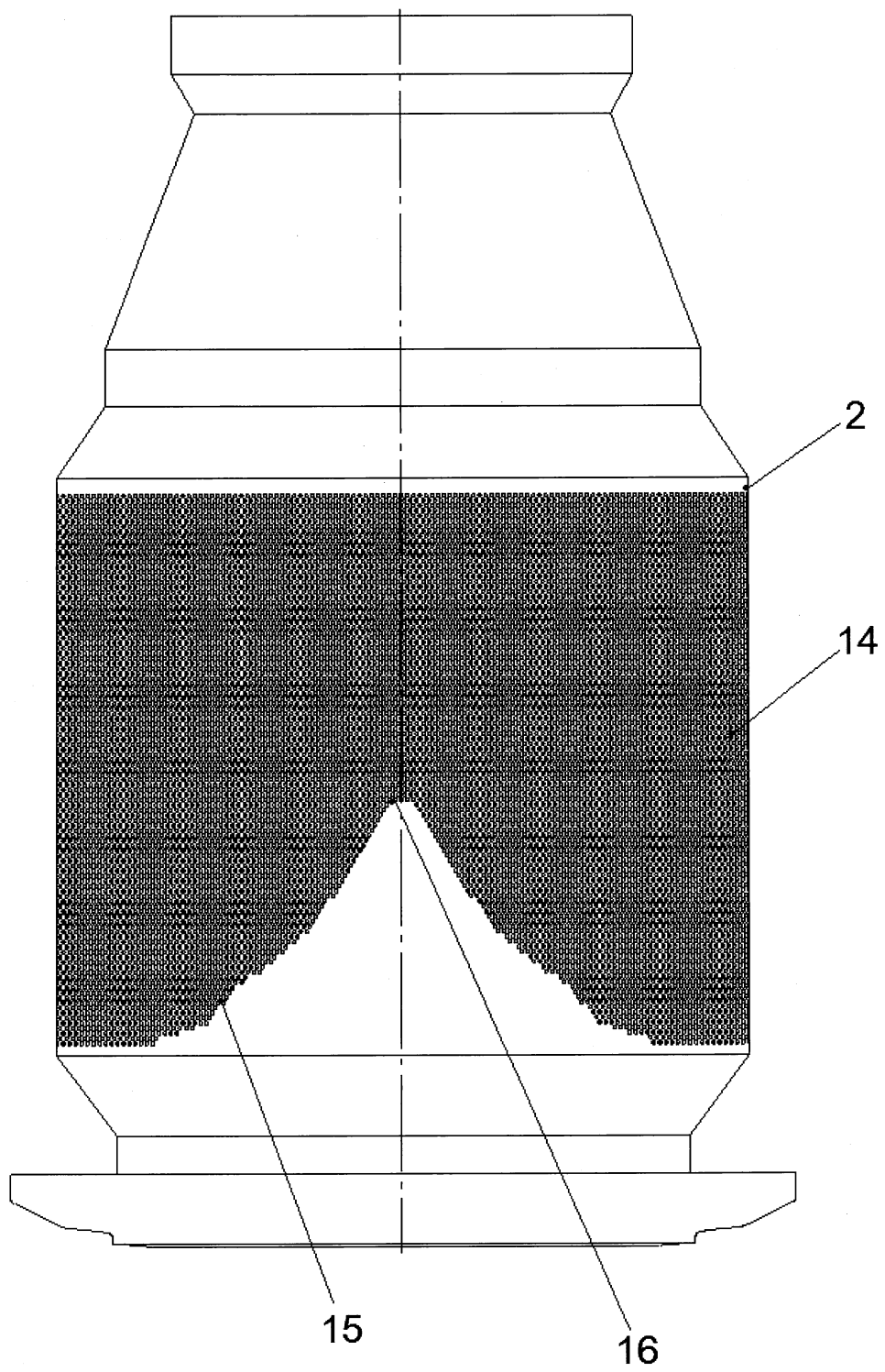


Fig.5

**Fig.6**

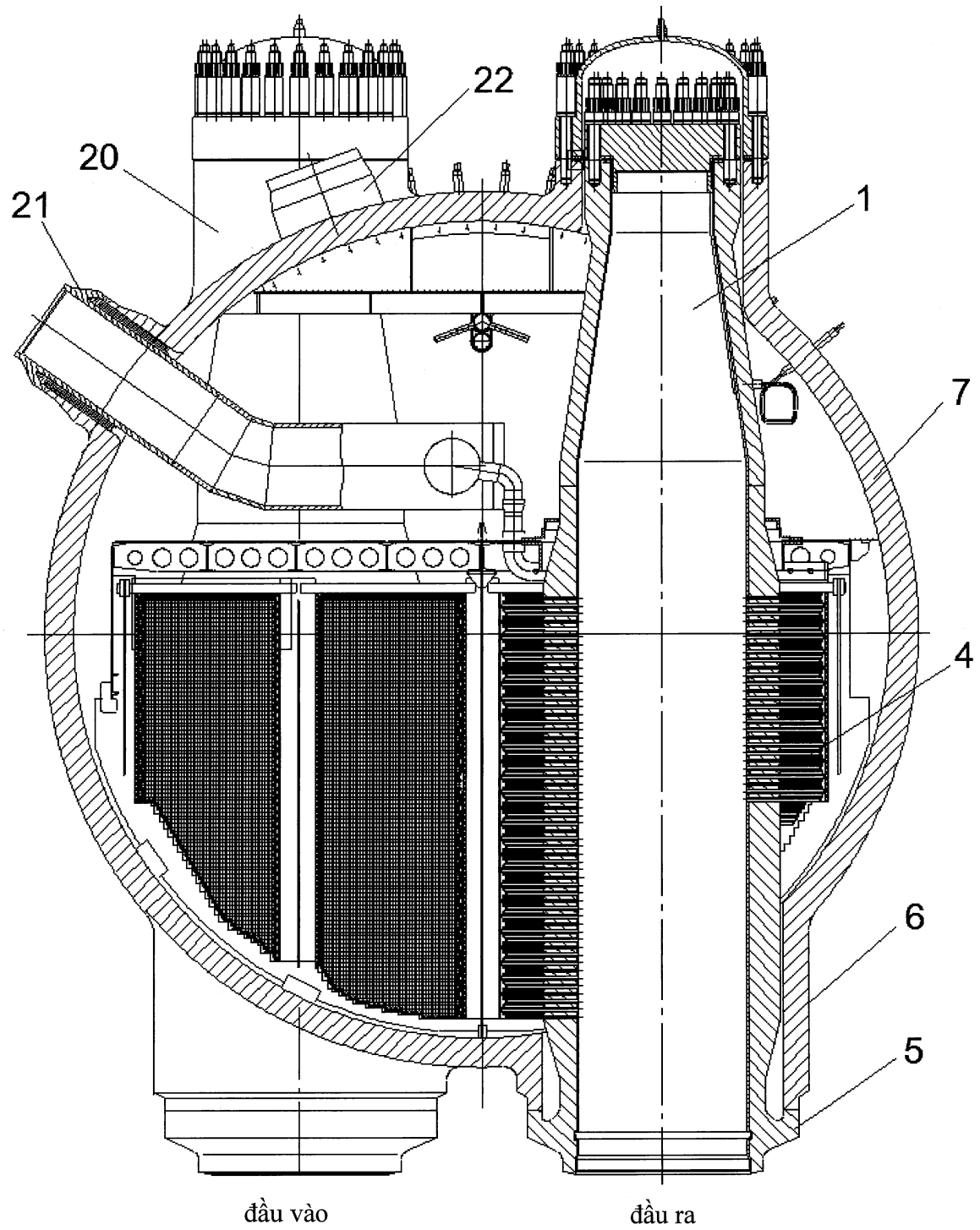


Fig.7

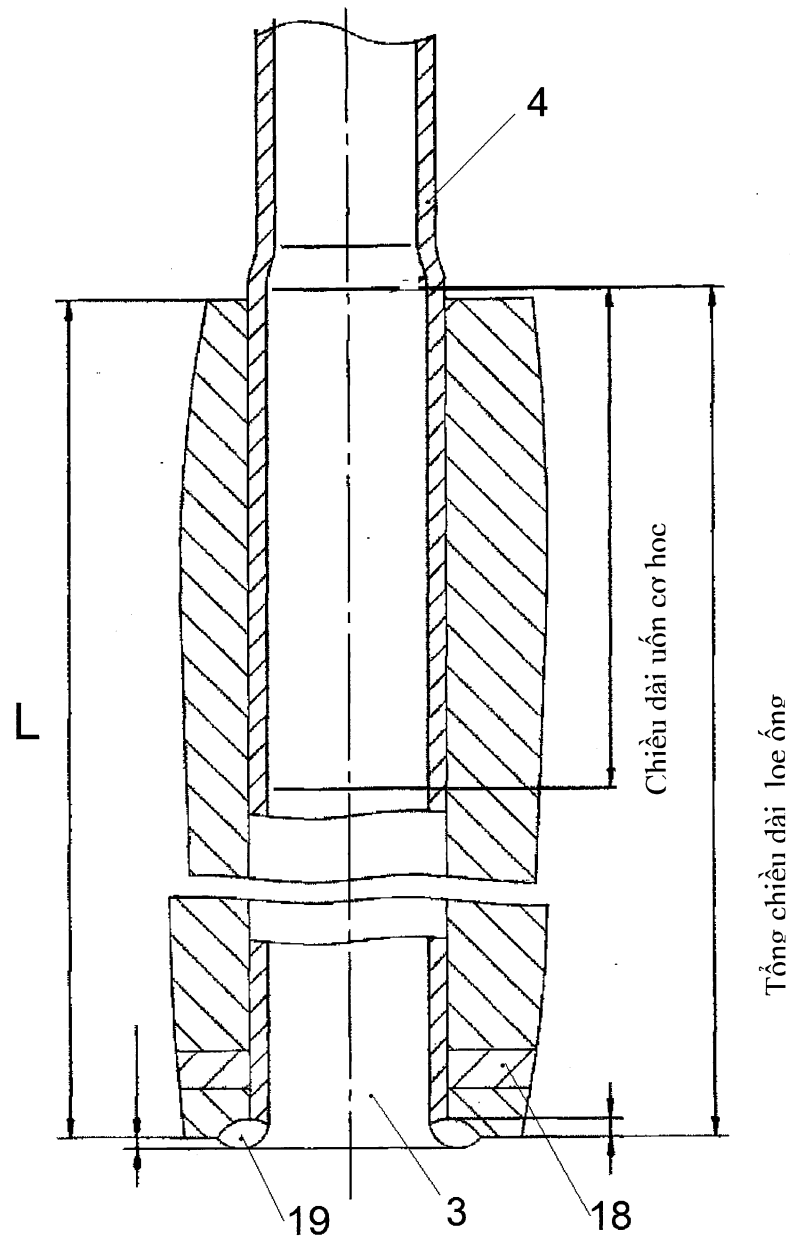


Fig.8