



(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)



1-0031303

(51)⁷ G21C 9/016; G21C 13/10

(13) B

(21) 1-2017-02698

(22) 16/11/2015

(86) PCT/RU2015/000782 16/11/2015

(87) WO2016/099327 23/06/2016

(30) 2014150936 16/12/2014 RU

(45) 25/03/2022 408

(43) 25/12/2017 357A

(73) JOINT STOCK COMPANY "ATOMENERGOPROEKT" (RU)

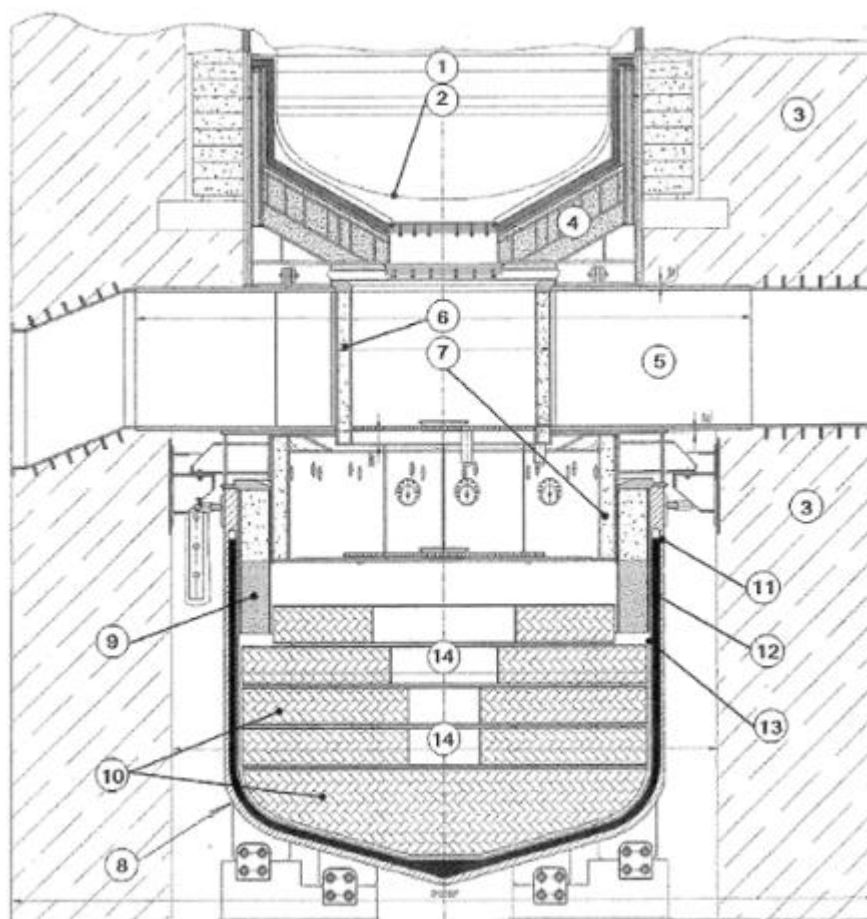
ul. Bakuninskaya, 7, str. 1 Moscow, 105005, Russia

(72) NEDOREZOV, Andrey Borisovich (RU); SIDOROV, Aleksandr Stalevich (RU).

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

(54) HỆ THỐNG LÀM MÁT VÀ GIỮ LẠI VẬT CHẤT NÓNG CHẢY TỪ LỖI CỦA
LÒ PHẢN ỨNG HẠT NHÂN ĐƯỢC LÀM MÁT VÀ LÀM CHẬM BẰNG NƯỚC

(57) Sáng chế đề cập đến hệ thống làm mát và giữ lại vật chất nóng chảy từ lõi của lò phản ứng hạt nhân được làm mát và làm chậm bằng nước, bao gồm tấm dẫn hướng dạng hình nón (4) được lắp bên dưới đáy thùng lò phản ứng (2), dầm hẫng (5) được lắp bên dưới và đỡ tấm dẫn hướng (4) này, bẫy corium (8) được lắp bên dưới dầm hẫng (5) này và được trang bị lớp bọc được làm mát dưới dạng bể chứa nhiều lớp để bảo vệ thành trao đổi nhiệt bên ngoài khỏi các tác động động học, nhiệt học và hóa học, và vật liệu điền đầy dùng để làm loãng vật chất nóng chảy bên trong bể chứa nhiều lớp này. Bể chứa nhiều lớp này bao gồm thành kim loại bên ngoài (11) và thành kim loại bên trong (13), ở giữa có lớp điền đầy (12) dẫn nhiệt kém so với vật liệu làm thành.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế liên quan đến ngành công nghiệp năng lượng hạt nhân, cụ thể là các hệ thống đảm bảo an toàn cho các nhà máy điện hạt nhân (Nuclear Power Plant - NPP) và có thể được sử dụng khi xảy ra các sự cố nghiêm trọng làm hỏng thùng lò phản ứng và khoang chứa thùng lò phản ứng này.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Các sự cố nóng chảy lõi xảy ra do nhiều hỏng hóc của các hệ thống làm mát lõi lò gây ra hiểm họa phóng xạ cao nhất.

Trong các sự cố như vậy, vật chất nóng chảy từ lõi - corium, làm nóng chảy các phần bên trong của lò phản ứng và thùng lò phản ứng và tràn ra bên ngoài thùng lò phản ứng này, và do lượng nhiệt dư của corium này, có thể ảnh hưởng đến sự toàn vẹn của khoang chứa của NPP, là rào chặn cuối cùng trước khi chất phóng xạ bị phát tán vào môi trường.

Để ngăn ngừa điều này, corium bị thoát ra cần phải được giữ lại và được làm mát liên tục cho tới khi kết tinh hoàn toàn corium này. Hệ thống làm mát và giữ lại vật chất nóng chảy từ lõi (corium) của lò phản ứng thực hiện chức năng này, ngăn ngừa thiệt hại gây ra cho khoang chứa của nhà máy điện hạt nhân và nhờ đó bảo vệ dân cư và môi trường không bị phơi nhiễm phóng xạ trong trường hợp xảy ra các sự cố nghiêm trọng tại các lò phản ứng hạt nhân.

Bằng sáng chế Nga số RU 2063071 C1 bộc lộ hệ thống làm mát phá vỡ lõi khẩn cấp dùng cho lò phản ứng năng lượng hạt nhân. Hệ thống đã biết này có khoang bê tông chứa nước trong trường hợp xảy ra tai nạn. Khoang này được bố trí miệng cống và chứa thùng lò phản ứng và lớp cách nhiệt dưới đáy được đặt phía dưới thùng lò phản ứng này để tạo thành, cùng với đáy này, các kênh truyền nhiệt được kết hợp với các kênh thoát, kênh nạp trung tâm và các kênh nạp bên được kết nối với kênh nạp trung tâm này. Tất cả các kênh này cùng nhau tạo thành vòng tuần hoàn để làm mát vật chất nóng chảy từ lõi bên trong thùng lò phản ứng này. Nước được đưa vào qua các kênh nạp bên đến kênh nạp trung tâm, từ đó nước được đưa đến các kênh làm mát để làm mát vật chất nóng chảy từ lõi thông qua đáy của thùng lò phản ứng. Hơi nước được tạo ra trong khi làm mát đi lên qua các kênh thoát phía trên mực nước trong khoang, trong đó hơi nước được tách ra. Nước đi qua miệng cống đi xuống đáy khoang bê tông. Trong trường hợp thùng lò phản ứng bị phá vỡ, chất nóng chảy được dẫn qua kênh nạp trung tâm này đến phần giữa của vách ngăn được làm bằng vật liệu nóng chảy nhẹ. Các vụ nổ nhiệt làm văng nước ra khỏi các kênh nạp bên này và các kênh thoát này. Chất nóng chảy phá hủy các dây treo các nút đóng van ngắt. Nút này rơi xuống và các vụ nổ nhiệt bổ sung sẽ nghiền

nát các nút này thông qua các nút của chúng, khi đó van ngắt đóng lại và nước còn lại từ các kênh nạp bên sẽ được thoát ra ngoài bằng hơi nước thông qua các kênh chống giạt. Phần giữa của vách ngăn nóng chảy và vật liệu nóng chảy được thải vào bể khô. Bộ giảm chấn nhiệt ngăn ngừa sốc nhiệt trên các bộ phận của thùng tích trữ. Sau khi ống góp nhiệt tích trữ trung gian được làm nóng cao hơn nhiệt độ ban đầu của các đường ống dẫn nhiệt, nhiệt nóng chảy được truyền vào nước trong phần thoát. Quá trình truyền nhiệt được thực hiện bằng cách tuần hoàn nước (hỗn hợp hơi nước - nước) qua vòng sau: miệng cống (đoạn dẫn xuống), khoang bê tông, khe hở, đoạn thoát, các đường ống thoát (đoạn thoát).

Bộ thu gom vật chất nóng chảy từ lõi của lò phản ứng hạt nhân được bọc lộ trong Bảng sáng chế Nga số RU 2187852C1. Bộ thu gom này được gắn trên các giá đỡ bên dưới bể chứa của lò phản ứng hạt nhân và được chế tạo dưới dạng thùng có đáy hình cầu bao gồm lớp bảo vệ cách nhiệt bằng ziriconi và lớp ngoài bằng thép không gỉ, trong đó lớp vật liệu bổ sung liên kết hóa học các oxit sắt trong chất nóng chảy được bố trí trên lớp bảo vệ cách nhiệt này. Hơn nữa, bộ thu gom này bao gồm lớp bổ sung được làm từ oxit neodim (Nd_2O_3).

Công bố đơn sáng chế Trung Quốc số CN 1585034A bọc lộ thiết bị dùng để định vị và làm mát lớp lót của lò phản ứng hạt nhân nước nhẹ (Ligh water reactor - LWR) bị hư hỏng. Thiết kế của bộ thu gom có lớp lót làm mát bao gồm vỏ dạng giỏ bằng thép được bố trí trong lò phản ứng phụ, trong đó vật liệu thay thế được nạp vào giỏ bằng thép này để pha loãng bộ phận chứa urani và bộ phận bằng thép của lớp lót. Độ dày của phần đáy của áo làm mát lớn hơn độ dày của thành bên của áo làm mát này không ít hơn 30% và áo làm mát này nghiêng so với tâm của nó từ 10 độ đến 20 độ. Chất pha loãng và vật liệu thay thế này được làm thành các khối được đóng gói trong vỏ thép.

Theo giải pháp kỹ thuật đã biết trước sáng chế, có thiết bị giữ lại và làm mát corium của lò phản ứng hạt nhân được đặt trong khoang bê tông bên dưới lò phản ứng này và bao gồm bể chứa được làm mát bằng nước, các viên nén chứa chất làm loãng corium dạng ô xit có chứa urani được gắn kết bằng vữa xi măng và được đặt trong các lớp khối thép nằm ngang, đáy của khối phía dưới trùng với hình dạng của đáy bể chứa, các khối phía trên có lỗ tâm, và các bộ phận ghép nối các khối với nhau và với bể chứa được đặt trong các rãnh cắt dọc của các khối này (xem Bảng sáng chế Nga số RU 2514419, cấp ngày 27/4/2014).

Thiết bị nêu trên có một số nhược điểm:

- đáy của khối phía dưới trùng với hình dạng của đáy thùng lò không có lỗ tâm, trong khi các khối phía trên có lỗ tâm, gây ra sự "tắc nghẽn" các viên nén chứa chất làm loãng ở khối phía dưới khi phần corium đầu tiên chủ yếu chứa thép và ziriconi nóng chảy đi vào. Do phần đáy có độ dốc nằm trong khoảng từ 10 độ đến 20 độ, khối lượng của các viên nén chứa chất làm loãng bị "tắc nghẽn" này chiếm từ 25 % đến 35% tổng khối

lượng của các viên nén trong bể chứa. Các phần corium tiếp theo chủ yếu chứa các urani oxit và ziriconi oxit đi vào sau phần đầu tiên này khoảng từ một giờ đến ba giờ và không thể tạo ra các điều kiện cần thiết cho phản ứng hóa nhiệt với các viên nén ở khối phía dưới này, do lượng thép đi vào trước đó bị đông cứng ở khối phía dưới (do đó ngăn cản sự tương tác giữa các viên nén này với các urani oxit và ziriconi oxit) hoặc phá hủy kết cấu thép và các bộ phận xiết chặt của khối phía dưới này (sau đó tất cả các viên nén nằm bên trong sẽ nổi lên và tạo thành nắp xi phía trên corium này),

- công thức xác định khối lượng chất làm loãng corium dạng oxit có chứa urani không xác định được giới hạn tối thiểu của khối lượng chất làm loãng cần thiết một cách đúng đắn do không xem xét đúng đắn tương quan giữa độ dày của các lớp oxit và các kim loại từ lò phản ứng hạt nhân. Giới hạn dưới theo công thức này phải được tăng thêm 35% trong trường hợp các viên nén bị tắc nghẽn ở khối phía dưới, và được tăng thêm 15% nữa trong trường hợp các viên nén bị thép nóng chảy chặn lại ở các khối phía trên trước khi bắt đầu đảo ngược các lớp oxit và kim loại. Do vậy, giới hạn dưới dùng để tính toán khối lượng chất làm loãng phải được nhân với hệ số 1,5.

- khối lượng tối đa của lượng nước dư tính theo phần trăm khối lượng trong chất kết dính xi măng dùng cho các viên nén chứa chất làm loãng không vượt quá 8%, điều này dường như không đúng. Theo các kết quả thử nghiệm (xem tài liệu “Investigation of conditions to provide bonding of sacrificial SFAO ceramic with colored mixture brick mortar”. Technical information. Ministry of Science and Education of the Russian Federation, State Educational Institution of Higher Professional Training, St. Petersburg State Technological Institute (technical university), 2013, [1]), sự gắn kết hiệu quả các viên nén tạo ra tính khả dụng của thiết kế đòi hỏi tỷ lệ theo khối lượng của nước liên kết hóa học phải là 10%, nếu không sự toàn vẹn của việc sắp xếp các viên nén và tính khả dụng của chúng sẽ bị tổn hại. Luận điểm về việc giảm hàm lượng nước trong chất kết dính xi măng để làm giảm sự giải phóng hydro là không chính xác do không xem xét đúng đắn sự tương tác của hơi nước với kết cấu xốp của sự sắp xếp các viên nén.

Theogiải pháp kỹ thuật đã biết trước sáng chế, có kết cấu thành bể chứa của bộ trao đổi nhiệt được thiết kế cho các thiết bị giữ lại và làm mát corium, bao gồm các thành trong và thành ngoài chứa vật liệu điền đầy gồm dạng hạt tương tự về mặt hóa học với vật liệu thay thế, có độ dày phần giữa ít nhất là 100 mm (xem Bảng Mẫu hữu ích Nga số 100326, cấp ngày 10/12/2010).

Kết cấu bể chứa này có các nhược điểm sau đây:

- vật liệu gồm dạng hạt không tạo ra sự bảo vệ hiệu quả cho thành ngoài của bể chứa của bộ trao đổi nhiệt khỏi tác động nhiệt gây ra bởi vật chất nóng chảy có nhiệt độ cao, vì vật liệu này là chất cách nhiệt hiệu quả có độ dẫn nhiệt trung bình nhỏ hơn 0,5 W/(m K) và trên thực tế không truyền nhiệt đến thành ngoài của bể chứa này cho đến khi kết thúc quá trình nóng chảy, điều đó làm tăng nguy cơ phá hủy bộ trao đổi nhiệt trong quá trình nhào trộn đối lưu vật liệu dạng hạt bởi vật chất nóng chảy từ lõi này,

- vật liệu gồm dạng hạt không tạo ra sự bảo vệ hóa học đáng tin cậy cho thành ngoài của bể chứa của bộ trao đổi nhiệt, vì trong trường hợp thành trong của bể chứa của bộ trao đổi nhiệt bị phá hủy, vật liệu này có thể tràn ra từ khoảng trống giữa các thành theo phương thẳng đứng với tốc độ thoát phụ thuộc vào vùng bị phá hủy, quá trình như vậy sẽ làm rỗng khoảng trống giữa các thành và làm cho thành ngoài này không được bảo vệ hóa học và nhiệt cần thiết, do đó, làm tăng nguy cơ phá hủy bộ trao đổi nhiệt,

- chiều rộng lớn (ít nhất 100 mm) của khe hở giữa các thành ngoài và thành trong của bể chứa của bộ trao đổi nhiệt trong quá trình nóng chảy của vật liệu gồm dạng hạt (chứa các sắt oxit và nhôm oxit) gây ra sự phân bố lại đáng kể của các dòng nhiệt, dòng nhiệt chính không đi qua thành ngoài của bể chứa của bộ trao đổi nhiệt, mà đi qua mặt thoáng không được bảo vệ của gương của khối nóng chảy làm tăng nhiệt độ trung bình của corium trong bộ trao đổi nhiệt này, do vậy, gây ra các quá trình sau đây: gia tăng việc tạo ra sol khí, giải phóng lượng lớn các khí không ngưng tụ, tăng tỏa nhiệt, nung nóng thêm và phá hủy thiết bị nằm ở phía trên, và kết quả là corium chảy tràn ra khỏi vùng được làm mát dẫn đến sự phá hủy bộ trao đổi nhiệt này.

Đây là lý do tại sao việc áp dụng các chất điền đầy gồm dạng hạt mà không có sự kết nối dẫn nhiệt tốt với thành ngoài của bộ trao đổi nhiệt là không hiệu quả.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế là loại bỏ các thiếu sót của các sáng chế tương tự.

Hiệu quả kỹ thuật của sáng chế bao gồm tăng cường hiệu quả của việc loại bỏ nhiệt ra khỏi vật chất nóng chảy và cải thiện độ tin cậy về kết cấu.

Hiệu quả kỹ thuật nói trên đạt được nhờ vào việc hệ thống làm mát và giữ lại vật chất nóng chảy từ lõi lò phản ứng hạt nhân được làm mát và làm chậm bằng nước có chứa tấm dẫn hướng dạng hình nón được lắp bên dưới đáy của bể chứa, dầm hẫng được lắp bên dưới tấm dẫn hướng này và đỡ tấm dẫn hướng này, bẫy corium được lắp bên dưới dầm hẫng này và được trang bị vỏ bọc được làm mát dưới dạng bể chứa nhiều lớp để bảo vệ thành trao đổi nhiệt ngoài khỏi các tác động động học, nhiệt học và hóa học, và vật liệu điền đầy dùng để pha loãng vật chất nóng chảy bên trong bể chứa nhiều lớp này, trong đó bể chứa nhiều lớp này của bẫy corium này bao gồm các thành kim loại ngoài và trong có chất điền đầy ở giữa có độ dẫn nhiệt kém hơn so với độ dẫn nhiệt của vật liệu chế tạo thành, trong đó độ dày h_{fil} của vật liệu điền đầy này thỏa mãn điều kiện sau đây: $0,8h_{ext} < h_{fil} < 1,6h_{ext}$ trong đó h_{ext} là độ dày của thành ngoài của bể chứa.

Hiệu quả kỹ thuật nói trên đạt được theo các phương án cụ thể của sáng chế nhờ vào:

- thành trong và thành ngoài được làm bằng thép,
- sử dụng chất điền đầy bể chứa nhiều lớp có điểm nóng chảy nằm trong khoảng từ 800°C đến 1400°C trong hệ thống,

- lớp điện đầy bê tông hoặc gốm có tính trao đổi nhiệt ổn định với thành ngoài được dùng làm chất điện đầy bể chứa nhiều lớp này,
- các gân chịu lực được đặt giữa các thành trong và thành ngoài, trong đó độ dày của gân (h_{rib}) thỏa mãn điều kiện sau đây: $0,5h_{ext} < h_{rib} < h_{ext}$.
- các gân chịu lực đi qua thành trong vào bên trong bể chứa tạo thành kết cấu chống đỡ bảo vệ,
- phần trên của bể chứa này được trang bị vành, đường kính trong và đường kính ngoài của vành này tương ứng với đường kính trong và đường kính ngoài của các thành trong và thành ngoài của bể chứa,
- hệ thống này bao gồm lớp xỉ nhân tạo bổ sung giữa thành ngoài này và chất điện đầy của bể chứa nhiều lớp, lớp xỉ này trên nền ít nhất một trong các oxit sau: oxit ziriconi, oxit nhôm, oxit sắt (III), với hàm lượng của các oxit này trong lớp này không nhỏ hơn 20% theo khối lượng.

So với các hệ thống tương tự, hệ thống theo sáng chế bao gồm bể corium có vỏ bọc ba lớp có các thành kim loại ngoài (bên ngoài) và trong và chất điện đầy bể chứa nhiều lớp dẫn nhiệt kém có độ dày thỏa mãn điều kiện sau:

$$0,8h_{ext} < h_{fil} < 1,6h_{ext}$$

Mối tương quan tham số này giúp loại bỏ nhiệt hiệu quả ra khỏi corium mà không tác động đến sự toàn vẹn của thành ngoài vì các lý do sau.

Một mặt, độ dày của chất điện đầy dẫn nhiệt kém không được nhỏ hơn $0,8h_{ext}$, nếu không trong trường hợp xảy ra sốc nhiệt thì chất điện đầy này không thể thực hiện các chức năng của nó và sẽ không thể đảm bảo sự toàn vẹn của thành trao đổi nhiệt ngoài.

Mặt khác, độ dày của chất điện đầy bể chứa nhiều lớp dẫn nhiệt kém này sẽ không được lớn hơn $1,6h_{ext}$, nếu không có thể gây tắc nghẽn hoàn toàn sự trao đổi nhiệt qua thành trao đổi nhiệt ngoài trong hơn một giờ, đây là điều không thể chấp nhận được dựa trên các yêu cầu về nhiệt vật lý (nhiệt độ corium và bức xạ, tăng hình thành các sol khí, v.v).

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Sáng chế được minh họa cùng với các hình vẽ, trong đó:

Fig. 1 (a) và Fig. 1 (b) thể hiện thiết kế dạng sơ đồ của hệ thống giữ lại; và

Fig. 2 thể hiện thiết kế của bể chứa nhiều lớp của bể.

Ký hiệu của các phần tử kết cấu:

- 1 - thùng lò phản ứng,
- 2 - đáy thùng lò phản ứng,
- 3 - khoang bê tông (khoang lò phản ứng),
- 4 - tấm dẫn hướng,
- 5 - dầm hẫng,

- 6 - lớp bảo vệ nhiệt của dầm hẫng,
- 7 - sàn vận hành,
- 8 - bẫy corium,
- 9 - lớp bảo vệ nhiệt của vành bể chứa nhiều lớp,
- 10 - vật liệu điền đầy,
- 11 - lớp ngoài bể chứa nhiều lớp,
- 12 - chất điền đầy của bể chứa nhiều lớp,
- 13 - lớp trong bể chứa nhiều lớp,
- 14 - bể gom corium được bạt cấp, dạng côn hoặc hình trụ,
- 15 - lớp xi.

Mô tả chi tiết sáng chế

Theo sáng chế, tấm dẫn hướng dạng hình nón 4 được đỡ bởi dầm hẫng 5 có lớp bảo vệ nhiệt 6 được lắp bên dưới đáy 2 của thùng lò phản ứng 1 được đặt trong khoang bê tông 3. Bên dưới dầm hẫng 5, có bẫy corium 8 có lớp bọc được làm mát (bể chứa) dưới dạng bể chứa nhiều lớp bao gồm các lớp (thành) kim loại ngoài 11 và trong 13 có lớp điền đầy bể chứa nhiều lớp dẫn nhiệt kém 12 ở giữa.

Bên trong bẫy corium 8 này có vật liệu điền đầy thay thế 10 được dùng để làm loãng corium. Ngoài ra, vật liệu điền đầy 10 này được trang bị bể gom được bạt cấp, dạng côn hoặc hình trụ 14 để chứa corium.

Bên cạnh đó, bể chứa của bẫy corium 8 được bố trí lớp bảo vệ nhiệt 9 cho vành bể chứa nhiều lớp.

Sàn vận hành 7 được đặt trong khoảng trống giữa dầm hẫng 5 này và bẫy 8 này.

Tấm dẫn hướng 4 này được thiết kế để dẫn corium (vật chất nóng chảy từ lõi) vào bẫy 8 này, sau khi thùng lò phản ứng bị phá hủy hoặc bị thùng do nóng chảy. Ngoài ra, tấm dẫn hướng 4 này ngăn ngừa các mảnh vỡ lớn của các phần trong của thùng lò này, các bó nhiên liệu và đáy thùng lò phản ứng rơi vào trong bẫy 8 này và bảo vệ dầm hẫng 5 này và các đường dây thông tin của dầm hẫng 5 này trong trường hợp corium từ thùng lò phản ứng 1 này đi vào bẫy 8 này. Tấm dẫn hướng 4 này còn bảo vệ khoang bê tông 3 này không tiếp xúc trực tiếp với vật chất nóng chảy từ lõi. Tấm dẫn hướng 4 này được phân chia bởi các gân cường lực thành các ngăn để cho vật chất nóng chảy từ lõi chảy xuống. Các gân cường lực này giữ đáy 2 của thùng lò phản ứng này cùng với vật chất nóng chảy ngăn không cho đáy này che mất các lỗ của các ngăn của tấm dẫn hướng 4 này và chặn dòng vật chất nóng chảy chảy xuống trong trường hợp đáy này bị phá hủy hoặc bị biến dạng dẻo nghiêm trọng. Bên dưới bề mặt của tấm hình nón dẫn hướng có hai lớp bê tông: lớp bê tông thay thế (sắt oxit bazo và nhôm oxit bazo) ngay dưới bề mặt này, và lớp bê tông chịu nhiệt có tính ổn định nhiệt (nhôm oxit bazo) bên dưới lớp bê

tông thay thế này. Khi lớp bê tông thay thế này bị hòa tan trong vật chất nóng chảy, nó làm tăng vùng trống trong các ngăn của tấm dẫn hướng trong trường hợp có tắc nghẽn (khi corium bị đông cứng trong một hoặc vài ngăn), điều này cho phép ngăn ngừa sự quá nhiệt và phá hủy các gân cường lực, nghĩa là tắc nghẽn hoàn toàn vùng trống và tiếp đó là phá hủy tấm dẫn hướng này. Lớp bê tông chịu nhiệt có tính ổn định nhiệt tạo ra sự bền vững của kết cấu khi lớp bê tông thay thế này bị giảm độ dày. Lớp bê tông này bảo vệ thiết bị nằm bên dưới khỏi tác động của corium, ngăn không cho corium làm nóng chảy hoặc phá hủy tấm dẫn hướng 4 này.

Dầm hẫng 5 này không chỉ bảo vệ bể 8 này mà còn bảo vệ cả các đường dây thông tin bên trong của toàn bộ hệ thống giữ lại và làm mát corium này khỏi sự phá hủy bởi corium và dùng làm giá đỡ cho tấm dẫn hướng 4 này truyền các tác động tĩnh và động đến dầm hẫng 5 này được gắn chặt trong khoang bê tông 3 của lò phản ứng. Dầm hẫng 5 này còn đảm bảo khả năng hoạt động của tấm dẫn hướng 4 này trong trường hợp tấm dẫn hướng này bị phá hủy từng phần khi khả năng chịu lực của các gân bị tổn hại.

Dầm hẫng 5 này bao gồm:

- các ống bao nối với các cảm biến đo đặc và điều khiển (Instrumentation and Control - I&C),
- các đường ống phun corium (đầu gom có các đường ống phân phối) nối với các nguồn cấp nước làm mát từ các nguồn bên ngoài, nước làm mát này được cấp bởi các đường ống phun này được phun vào corium từ dầm hẫng phía trên,
- các đường ống tháo hơi nước để loại bỏ hơi nước ra khỏi khoang bê tông 3 bên dưới lò phản ứng này đến vùng áp lực khi corium được làm mát trong bể corium 8 này, các đường ống này loại bỏ hơi nước bão hòa mà không làm vượt quá áp suất cho phép trong khoang bê tông 3 này,
- các đường ống cấp không khí để cấp không khí cho việc làm mát tấm dẫn hướng 4 khi vận hành bình thường.

Bể 8 này giữ lại và làm mát vật chất nóng chảy từ lõi bên dưới lò phản ứng trong khoang chứa 3 của lò phản ứng trong trường hợp thùng lò phản ứng 1 bị thùng do nóng chảy hoặc bị phá hủy do bề mặt trao đổi nhiệt quá mức và sự truyền nhiệt đến các khối nước sôi lớn. Bể 8 này được lắp trong móng của khoang chứa 3 của lò phản ứng trên các bộ phận được gắn vào.

Theo sáng chế, lớp bọc của bể 8 này là bể chứa nhiều lớp, bao gồm:

- lớp kim loại bên ngoài 11 (thành ngoài),
- lớp điện dày 12 được làm bằng vật liệu dẫn nhiệt kém so với các vật liệu làm thành, đó là vật liệu có độ dẫn nhiệt thấp hơn độ dẫn nhiệt của vật liệu làm các thành này,
- lớp kim loại bên trong 13 (thành trong).

Lớp bên ngoài 11 này có thể được làm bằng thép, như mác 22K, 20K, 25L, 20L có độ dày thành nằm trong khoảng từ 10 mm đến 90 mm và độ dày đáy nằm trong khoảng từ 70 mm đến 120 mm.

Lớp bên trong 13 này có thể được làm bằng thép, chẳng hạn như mác 22K, 20K, 25L, 20L, 09G2S, thép 20, có độ dày thành nằm trong khoảng từ 5 mm đến 50 mm và độ dày đáy nằm trong khoảng từ 20 mm đến 60 mm.

Lớp điện đầy 12 này được làm bằng vật liệu có điểm nóng chảy nằm trong khoảng từ 800°C đến 1400°C, điểm nóng chảy tối đa này bằng điểm nóng chảy của thép được sử dụng làm lớp bên trong 13. Lớp điện đầy này có thể được làm bằng bê tông hoặc các mảnh gốm (vật liệu điện đầy) trao đổi nhiệt với lớp bên ngoài 11 của thùng chứa nhiều lớp của bể 8 này với các oxit sắt (III) là thành phần chính của lớp điện đầy này. Để đảm bảo cho sự dẫn nhiệt, các mảnh gốm phải bao gồm ít nhất hai thành phần: nóng chảy cao và nóng chảy thấp. Thành phần nóng chảy thấp đảm bảo cho sự dẫn nhiệt với lớp bên ngoài 11 của thùng chứa nhiều lớp.

Độ dày của lớp điện đầy 12 h_{fil} phải thỏa mãn điều kiện sau: $0,8h_{ext} < h_{fil} < 1,6h_{ext}$, trong đó h_{ext} là độ dày của thành ngoài bể chứa. Giá trị nhỏ hơn được sử dụng cho các chất điện đầy đúc có độ xốp nằm trong khoảng từ 5% đến 10%, và giá trị lớn hơn được sử dụng cho lớp điện đầy đổ khối có độ xốp lên đến 40%:

Cụ thể, độ dày của lớp điện đầy này có thể là $h_{fil} = 10 \text{ mm} - 100 \text{ mm}$.

Phần trên của bể chứa nhiều lớp của bể 8 được trang bị vành, đường kính bên trong và đường kính bên ngoài của vành này tương ứng với đường kính của thành trong và thành ngoài của bể chứa.

Lớp bên ngoài 11 của bể chứa nhiều lớp của bể 8 này có thể bao gồm thêm lớp xỉ 15 được đặt giữa lớp chất điện đầy 12 và lớp bên ngoài 11 của bể 8 (xem Fig. 2). Lớp xỉ 15 này có thể được tạo ra trước hoặc được tạo ra trong quá trình làm mát corium. Tùy thuộc vào các điều kiện trao đổi nhiệt và nhiệt hóa học, độ dày của lớp xỉ này nằm trong khoảng từ 0,1 mm đến 5 mm trong giai đoạn khởi đầu của quá trình làm mát corium, sau đó, khi corium đã được làm mát, độ dày của lớp vảy xỉ có thể tăng lên một cách đáng kể. Lớp xỉ này được làm bằng ít nhất một trong các oxit sau: oxit ziriconi, oxit nhôm, oxit sắt (III), với hàm lượng nền tối thiểu của lớp xỉ này là 20% theo khối lượng.

Ngoài ra, bể chứa nhiều lớp của bể 8 này có thể có các gân cường lực bổ sung được đặt giữa thành ngoài và thành trong.

Độ dày của gân chịu lực h_{rib} phải thỏa mãn điều kiện sau: $0,5h_{ext} < h_{rib} < h_{ext}$, trong đó giá trị nhỏ được giả định cho độ dày thành trong nhỏ hơn $0,5h_{ext}$ và giá trị lớn cho các trường hợp khác:

- giá trị nhỏ không thể nhỏ hơn $0,5h_{ext}$ vì tính bất ổn cơ nhiệt của các gân này (sự biến dạng kết cấu nghiêm trọng xảy ra dưới tác động động lực kể cả khi có lớp điện đầy),

- giá trị lớn không thể vượt quá h_{ext} do không loại bỏ nhiệt ra khỏi lớp bên ngoài 11 của bể chứa nhiều lớp: bề mặt trao đổi nhiệt này trở nên bị quá nhiệt và tan chảy.

Các gân chịu lực có thể đi qua lớp bên trong 13 của bể chứa nhiều lớp đi vào khoang bên trong của bể 8 này tạo thành khung bảo vệ.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Thiết kế của bể chứa nhiều lớp:

- đường kính: 6m,
- lớp bên ngoài: thành làm bằng thép 22K, dày 60 mm, và đáy làm bằng thép 25K, dày 90 mm,
- lớp bên trong: thành làm bằng thép 22K, dày 20 mm, và đáy làm bằng thép 22K, dày 30 mm,
- lớp điền đầy: các mảnh gốm trên nền oxit sắt (III), dày 60 mm,
- lớp xi: hỗn hợp oxit sắt, oxit nhôm và oxit ziriconi, dày 0,5 mm,
- các gân chịu lực: thép 22K, dày 40 mm.

Vật liệu điền đầy 10 tạo ra sự phân bố theo thể tích của corium trong bể corium 8 này. Được thiết kế để oxy hóa và hòa tan corium để làm giảm sự giải phóng năng lượng theo thể tích và tăng bề mặt trao đổi nhiệt giữa corium phát ra năng lượng và lớp bên ngoài 11 của bể chứa nhiều lớp này, cũng như góp phần tạo ra các điều kiện để cho các phần corium chứa nhiên liệu nổi lên trên lớp thép này. Vật liệu điền đầy này có thể được làm bằng thép và các thành phần oxit có chứa sắt oxit, nhôm oxit và ziriconi oxit, có các kênh để phân phối corium không chỉ trong phần hình trụ, mà cả trong khoang hình nón ở đáy.

Sàn vận hành 7 tạo ra sự bảo vệ nhiệt cho phần đỉnh của bể 8, cho phép thực hiện kiểm tra trực quan thùng lò phản ứng 1 trong khi bảo dưỡng dự phòng định kỳ bằng cách tạo ra lối tiếp cận đến:

- vật liệu điền đầy dùng để chỉnh sửa và loại bỏ nước trong trường hợp có các sự cố rò rỉ,
- các bộ phận áp lực bảo vệ vật liệu điền đầy này khỏi các sự cố rò rỉ,
- các khâu nối đầu ống bọc bộ cảm biến đo đặc và điều khiển (I & C) dùng cho việc sửa chữa hoặc để thay thế bộ cảm biến.

Hệ thống theo sáng chế hoạt động như sau:

Tại thời điểm thùng lò 1 bị phá hủy, vật chất nóng chảy từ lõi bị tác động bởi các áp suất thủy tĩnh và quá mức bắt đầu di chuyển đến bề mặt tấm dẫn hướng 4 này được đỡ bởi dầm hẫng 5 này.

Do corium chảy xuống qua các ngăn của tấm dẫn hướng 4 này, corium này đi bên trong bể chứa nhiều lớp của bể 8 này và tiếp xúc với vật liệu điền đầy 10.

Trong trường hợp dòng chảy xuống của corium bất đối xứng từng phần, các lớp bảo vệ nhiệt 6 của đầm hẫng 5 này và sàn vận hành 7 này bắt đầu nóng chảy. Khi bị phá hủy, các lớp bảo vệ nhiệt này làm giảm tác động nhiệt của corium lên thiết bị được bảo vệ trong khi làm giảm nhiệt độ và khả năng phản ứng hóa học của chính corium này.

Đầu tiên, corium này điền đầy bể gom 14, sau đó, khi các thành phần kết cấu thép khác của vật liệu điền đầy 10 này bị nóng chảy, các thành phần này điền đầy vào các khoảng trống giữa các thành phần phi kim loại của vật liệu điền đầy 10 này. Các thành phần phi kim loại này của vật liệu điền đầy này được kết nối với nhau bằng xi măng đặc biệt tạo ra sự thiêu kết các thành phần phi kim loại này với nhau tạo thành kết cấu ngăn ngừa các thành phần của vật liệu điền đầy này nổi lên trong vật chất nóng chảy từ lõi nặng hơn. Do các thành phần phi kim loại này được thiêu kết với nhau, sự kết lại này đủ bền vững khi các bộ phận xiết chặt bằng thép của vật liệu điền đầy này mất bền vững. Do đó, sự giảm độ bền vững của thành phần thép của vật liệu điền đầy này khi nhiệt độ tăng được bù bởi sự tăng độ bền vững của thành phần phi kim loại của vật liệu điền đầy kết lại trong quá trình thiêu kết. Sau khi các thành phần thép của vật liệu điền đầy này bị nóng chảy và hòa tan, tương tác bề mặt của các thành phần phi kim loại của vật liệu điền đầy này với các thành phần của vật chất nóng chảy từ lõi được bắt đầu. Thiết kế của vật liệu điền đầy, các đặc tính vật lý và hóa học được lựa chọn để tạo ra hiệu quả tối đa của việc hòa tan vật liệu điền đầy này trong vật chất nóng chảy từ lõi, ngăn ngừa sự tăng nhiệt độ của corium, giảm sự tạo thành sol khí và sự truyền nhiệt bức xạ từ gương của khối nóng chảy, giảm sự tạo thành hydro và các khí không ngưng tụ khác. Một trong số các thành phần của vật liệu điền đầy là sắt (III) oxit (Fe_2O_3) có nhiều mức độ oxy hóa khác nhau, làm oxy hóa ziriconi, oxy hóa hoàn toàn các urani và pluton đioxit trong quá trình tương tác của vật liệu điền đầy với vật chất nóng chảy từ lõi, do đó, ngăn cản được pha kim loại của chúng, và đảm bảo oxy hóa hoàn toàn các thành phần corium khác, điều đó cho phép ngăn cản sự phân ly phóng xạ của hơi nước và ngăn chặn sự hấp thụ oxy từ khí quyển phía trên bề mặt gương của khối nóng chảy. Điều đó tiếp tục làm giảm đáng kể sự tạo thành hydro. Sắt (III) oxit (Fe_2O_3) giải phóng oxy trong quá trình này và có thể khử oxy cho đến khi chỉ còn sắt kim loại.

Vật chất nóng chảy từ lõi đi vào vật liệu điền đầy 10 theo hai giai đoạn: trong giai đoạn thứ nhất, thép và ziriconi nóng chảy trộn lẫn với các oxit đi từ thùng lò phản ứng 1 vào khối điền đầy 10, và trong giai đoạn thứ hai các oxit nóng chảy cao ở dạng lỏng trộn lẫn với các kim loại là thành phần chính của chất nóng chảy này. Do đó, có hai loại tương tác của vật chất nóng chảy từ lõi với vật liệu điền đầy: 1) các thành phần kim loại của vật chất nóng chảy từ lõi tương tác với các thành phần của vật liệu điền đầy và làm nóng chảy các thành phần này, như ziriconi kim loại dạng lỏng từ vật chất nóng chảy từ lõi bị oxy hóa trong quá trình tương tác biên với các thành phần của vật liệu điền đầy phi kim loại nổi lên sau khi nóng chảy và tạo thành lớp sắt oxit và ziriconi oxit nhẹ phía trên lớp các kim loại nóng chảy, 2) các thành phần oxit của chất nóng chảy từ lõi tương tác với cả các kết cấu kim loại và các thành phần của vật liệu điền đầy phi kim loại, làm nóng

chảy và hòa tan chúng, trong khi ziriconi, crôm và một số kim loại nóng chảy khác có trong phần oxit của vật chất nóng chảy từ lõi bị oxy hóa trong quá trình tương tác với các thành phần của vật liệu điện đầy phi kim loại. Tương tác nhiều giai đoạn phức tạp như vậy làm oxy hóa hơn nữa phần oxit nóng chảy và oxy hóa các thành phần hoạt động nhất của phần kim loại nóng chảy này, tạo ra corium có các đặc tính được xác định trước cho phép giữ lại corium này trong thể tích có hạn và thực hiện quá trình làm mát corium này một cách lâu dài an toàn và hiệu quả.

Tương tác của corium với vật liệu điện đầy làm giảm nhiệt độ của corium được tạo ra khoảng từ 1,5 lần đến 2 lần, điều đó cho phép làm giảm dòng nhiệt bức xạ từ gương của khối nóng chảy đến dầm hẫng, tấm dẫn hướng và đáy của thùng lò phản ứng phía trên tấm dẫn hướng này một cách đáng kể. Để làm giảm các dòng nhiệt bức xạ từ gương của khối nóng chảy này và sự tạo thành sol khí một cách hiệu quả hơn, sử dụng các nắp xỉ cả tự nhiên và nhân tạo được tạo thành cả trong quá trình làm nóng chảy các bê tông có mục đích đặc biệt dưới sự tỏa nhiệt từ gương của khối nóng chảy và trong quá trình corium nóng chảy dạng lỏng tương tác với vật liệu điện đầy này. Độ dày và thời gian tồn tại của nắp xỉ này được lựa chọn để giảm thiểu tác động của gương của khối nóng chảy này lên thiết bị được đặt phía trên trong trường hợp xấu nhất trong giai đoạn khởi đầu của việc giữ lại corium: trong quá trình corium đi vào vật liệu điện đầy này và tích tụ trong thùng chứa của bể corium. Thời gian để chất nóng chảy từ lõi đi vào thùng chứa của bể corium này có thể lên đến vài giờ, trong khi dòng vào của pha oxit rất không đều và sau đó có thể có sự thay đổi đáng kể hoặc sự chấm dứt tạm thời của dòng này.

Các phản ứng hóa học của vật liệu điện đầy và vật chất nóng chảy từ lõi dần dần làm thay đổi thành phần và kết cấu của corium. Ở giai đoạn khởi đầu, vật chất nóng chảy từ lõi có thể thay đổi từ kết cấu đồng nhất thành kết cấu lớp kép: thông thường hỗn hợp của thép và ziriconi nóng chảy trên đỉnh cùng với vật chất nóng chảy từ các oxit khó nóng chảy được trộn lẫn với các kim loại ở đáy, tỉ trọng của vật chất nóng chảy từ oxit khó nóng chảy trung bình là cao hơn 25% so với tỉ trọng của hỗn hợp kim loại nóng chảy. Dần dần, khi vật liệu điện đầy bị hòa tan trong các oxit dạng lỏng của vật chất nóng chảy từ lõi, thành phần của corium, cụ thể là phần oxit của corium này, bị thay đổi: tỉ trọng của oxit dạng lỏng giảm mạnh hơn so với sự thay đổi tỉ trọng của các kim loại nóng chảy. Quá trình này dẫn đến sự giảm liên tục chênh lệch tỉ trọng giữa phần kim loại dạng lỏng và phần oxit của corium. Khối lượng ban đầu của các vật liệu thay thế phi kim loại trong vật liệu điện đầy được lựa chọn để đảm bảo sự hòa tan của các vật liệu thay thế phi kim loại trong các oxit khó nóng chảy dạng lỏng từ lõi với lượng sao cho tỉ trọng thu được của vật chất nóng chảy dạng oxit mới sẽ nhỏ hơn tỉ trọng của phần kim loại nóng chảy của corium này. Khi tỉ trọng của oxit dạng lỏng trở nên nhỏ hơn tỉ trọng của kim loại nóng chảy này, sự nghịch chuyển xảy ra trong bể corium nóng chảy: các oxit dạng lỏng nổi lên, và phần kim loại nóng chảy của corium đi xuống. Kết cấu corium mới này cho phép thực hiện việc làm mát gương của khối nóng chảy bằng nước một cách an toàn. Khi các oxit dạng lỏng đi đến bề mặt, nước làm mát không tạo ra nguy cơ

nổ hơi nước do các đặc tính lý nhiệt của các oxit dạng lỏng, và không tham gia vào các phản ứng hóa học tạo ra hydro, không chịu sự phân hủy nhiệt do nhiệt độ khá thấp của gương của khối nóng chảy. Sự nghịch chuyển của các oxit và các kim loại dạng lỏng cho phép tạo ra dòng nhiệt ổn định hơn đi qua bể chứa của bể corium đến bể thu nhiệt cuối cùng, nước, điều đó là do các đặc tính lý nhiệt khác nhau của các oxit dạng lỏng và các kim loại nóng chảy.

Nhiệt được truyền từ corium đến bể 8 này theo ba giai đoạn. Ở giai đoạn thứ nhất, khi chủ yếu là các kim loại nóng chảy chảy vào bể gom 14 này của vật liệu điền đầy 10 này, sự trao đổi nhiệt giữa các lớp 11-13 của bể chứa nhiều lớp của bể 8 này và vật chất nóng chảy không đặc biệt mạnh: nhiệt được tích tụ bởi vật chất nóng chảy bị tiêu tán chủ yếu vào việc gia nhiệt và làm nóng chảy một phần các thành phần kết cấu của vật liệu điền đầy. Phần dưới của bể 8 này được gia nhiệt đồng đều và không có đặc điểm nào đáng kể. Lưu ý rằng đáy hình nón của bể 8 này trung bình dày hơn 30% so với phần hình trụ của bể 8 này, và việc truyền nhiệt đối lưu theo phương thẳng đứng từ trên xuống kém hiệu quả hơn đáng kể so với việc truyền nhiệt đối lưu tỏa tròn hoặc truyền nhiệt đối lưu theo phương thẳng đứng từ dưới lên, quá trình gia nhiệt đáy của bể 8 này chậm hơn đáng kể so với việc gia nhiệt phần hình trụ của bể 8 này sau đó.

Ở giai đoạn thứ hai, khi các oxit khó nóng chảy dạng lỏng chiếm lượng lớn, mức độ nóng chảy của corium tăng đáng kể (xét đến sự hòa tan của các vật liệu điền đầy thay thế). Phần oxit của corium giải phóng năng lượng. Sự giải phóng năng lượng được phân bố giữa các phần corium dạng oxit và kim loại theo tỷ lệ khoảng 9 trên 1, điều đó dẫn đến các dòng nhiệt đáng kể từ phần oxit của corium này. Do tỉ trọng của phần oxit của corium này ở giai đoạn khởi đầu của việc tương tác với vật liệu điền đầy cao hơn đáng kể so với tỉ trọng của kim loại nóng chảy, sự phân tầng và tái phân bố các thành phần của corium trở nên khả thi: các kim loại nóng chảy ở trên đỉnh và các oxit khó nóng chảy ở dưới đáy. Trong điều kiện như vậy, khi đáy của bể 8 này không bị gia nhiệt đáng kể bởi các oxit khó nóng chảy do sự truyền nhiệt đối lưu được hướng từ trên xuống dưới, và sự dẫn nhiệt của lớp vảy oxit trên ranh giới “thành bể chứa/các oxit” là không đáng kể và, ở mức trung bình, không vượt quá 1 W/(m K) . Lớp vảy oxit này bao gồm các oxit khó nóng chảy bị nóng chảy (lần xi) được tạo ra do việc làm mát vật chất nóng chảy dạng oxit trên ranh giới giữa “các oxit/kim loại”, do kim loại có độ dẫn nhiệt cao hơn nhiều lần so với các oxit và có thể tạo ra sự truyền nhiệt tốt hơn đến bể thu nhiệt cuối cùng, nước. Hiệu ứng này được sử dụng để giữ lại corium một cách đáng tin cậy, cho phép ngăn chặn sự tương tác hóa học của các thành phần của corium với lớp bên ngoài 11 của bể chứa nhiều lớp được làm mát bằng nước và tạo ra sự bảo vệ nhiệt cho lớp bên ngoài này. Các kim loại nóng chảy phía trên các oxit dạng lỏng thường nhận năng lượng do sự truyền nhiệt đối lưu với các oxit dạng lỏng, hướng truyền nhiệt là từ đáy lên. Điều kiện như vậy có thể dẫn đến sự quá nhiệt của phần kim loại nóng chảy của corium và sự phân bố không đều một cách đáng kể của các dòng nhiệt đi qua các lớp 11-13 của bể chứa nhiều lớp của bể 8 này đến bể thu nhiệt cuối cùng này, trong khi làm tăng tỉ trọng

dòng nhiệt bởi bức xạ từ gương của khối nóng chảy này. Trong vùng tương tác của các lớp 11-13 của bể chứa nhiều lớp của bể 8 này và phần kim loại lỏng của corium này, không hình thành bất cứ lớp xỉ hay các rào chắn tự nhiên nào do sự quá nhiệt của bể chứa nhiều lớp gây ra. Vấn đề này được giải quyết bởi các cách bố trí trong thiết kế.

Ở giai đoạn thứ ba, corium tương tác với vật liệu điền đầy 10 khi corium này đi ra trên lớp bên trong 13 của bể chứa nhiều lớp. Vào thời điểm này, lớp bên ngoài 11 của bể chứa nhiều lớp ở phía khoang lò phản ứng 3 được nạp nước. Bể corium 8 này được lắp trong khoang lò phản ứng 3 này và được kết nối với bể gom thu gom chất tải nhiệt trong vòng sơ cấp của lò phản ứng khi có các sự cố trong phạm vi thiết kế hay vượt quá thiết kế, và nước được cấp cho vòng sơ cấp này từ các hệ thống an toàn. Để ngăn ngừa lớp bên ngoài 11 của bể chứa nhiều lớp không truyền nhiệt bởi vật chất nóng chảy corium nhiệt độ cao, bể corium 8 này được thiết kế dưới dạng bể chứa nhiều lớp như được mô tả trên đây. Trong trường hợp này, có thể phân bố các tải nhiệt và cơ học giữa các lớp 11-13 của bể chứa nhiều lớp này: các tải nhiệt chính được thu nhận bởi lớp bên trong 13 này, và các tải cơ học chính (chấn động và áp lực) được thu nhận bởi lớp bên ngoài 11 này. Các tải cơ học được truyền từ lớp bên trong 13 đến lớp bên ngoài 11 bởi các gân chịu lực được lắp trên bề mặt trong của lớp bên ngoài 11 với lớp bên trong 13 được hàn vào đó. Thiết kế này đảm bảo rằng lớp bên trong 13 truyền ứng suất biến dạng nhiệt qua các gân này đến lớp bên ngoài 11 được làm mát. Để giảm thiểu ứng suất nhiệt trên phía lớp bên trong 13 này, các gân này được nối tới lớp bên ngoài 11 này có sử dụng hãm nhiệt.

Lớp điền đầy 12 của thùng chứa nhiều lớp được làm bằng vật liệu dẫn nhiệt kém và được đặt ở giữa lớp bên trong và lớp bên ngoài đảm bảo duy trì sự cách nhiệt của lớp bên ngoài 11 của bể 8 này ở giai đoạn khởi đầu của việc vật chất nóng chảy từ lõi đi vào. Mục đích chính của lớp điền đầy 12 này là để bảo vệ lớp bên ngoài 11 của bể 8 này khỏi tác động nhiệt và để tạo ra lớp xỉ trên bề mặt bên trong của bể 8 này. Corium gia nhiệt lớp bên trong 13 và lớp bên trong này tan chảy, nhiệt được truyền đến lớp điền đầy 12 này, lớp điền đầy này cũng tan chảy trong khi bị gia nhiệt và tạo ra lớp vảy xỉ trên bề mặt bên trong tương đối lạnh của lớp bên ngoài 11 của bể chứa nhiều lớp này. Quá trình này tiếp tục cho đến khi lớp bên trong 13 này và lớp điền đầy 12 này của bể chứa nhiều lớp này bị nóng chảy hoàn toàn. Lớp điền đầy 12 này nhanh chóng bị nóng chảy và bị pha loãng trong corium do độ dẫn nhiệt thấp của lớp điền đầy này, do đó, dòng nhiệt từ corium đến lớp bên trong 13 này của bể chứa nhiều lớp này sẽ được sử dụng gần như hoàn toàn cho việc làm nóng chảy lớp bên trong 13 này và lớp điền đầy 12 này. Lớp xỉ được tạo ra bởi lớp điền đầy này cho phép hạn chế dòng nhiệt đến lớp bên ngoài 11 này của bể chứa nhiều lớp này, tái phân bố dòng nhiệt trên toàn bộ chiều cao của lớp bên ngoài 11 này, và làm phẳng nó khi phân bố theo chiều cao cục bộ và các biến động theo phương vị (theo mặt phẳng trung tâm của bể chứa nhiều lớp này).

Giới hạn tỉ trọng của dòng nhiệt đi qua lớp bên ngoài 11 này của bể chứa nhiều lớp này cầu phải đảm bảo truyền nhiệt ổn định và không tới hạn đến bề thu nhiệt cuối cùng, nghĩa là nước vòng quanh bể corium 8 này. Nhiệt này được truyền đến nước trong chế độ “đun sôi trong bể”, cách này tạo ra khả năng loại bỏ nhiệt thụ động trong khoảng thời gian không hạn chế. Chức năng hạn chế dòng nhiệt được thực hiện bởi hai thành phần của hệ thống làm mát và giữ lại vật chất nóng chảy từ lõi của lò phản ứng hạt nhân này.

Thành phần thứ nhất là vật liệu điện chảy 10, một mặt tạo ra sự pha loãng và làm tăng thể tích của phần sinh nhiệt của corium này, nhờ vậy cho phép tăng diện tích trao đổi nhiệt trong khi làm giảm tỉ trọng của dòng nhiệt đi qua lớp bên ngoài 11 của bể corium 8 này, và mặt khác tạo ra sự nghịch chuyển giữa phần oxit và phần kim loại của corium này với phần oxit di chuyển lên và phần kim loại lỏng di chuyển xuống trong khi làm giảm các dòng nhiệt lớn nhất đến lớp bên ngoài 11 bằng cách tái phân bố các dòng nhiệt trong phần dưới của bể corium 8 này. Thành phần thứ hai là lớp điện chảy 12 của bể chứa nhiều lớp, tạo ra sự giảm (làm phẳng) các dòng nhiệt lớn nhất tại lớp bên ngoài 11 bằng cách tạo ra lớp vảy xỉ khó nóng chảy đảm bảo sự tái phân bố các dòng nhiệt lớn nhất từ corium này theo chiều cao và mặt phương vị của lớp bên ngoài 11 của bể corium 8 này.

Hơi nước được tạo thành trên bề mặt lớp bên ngoài 11 đi lên và đi qua các kênh thoát hơi nước đến khoang chứa ở đó hơi nước này ngưng tụ. Chất lỏng ngưng tụ chảy từ khoang chứa này đến bể gom được kết nối bởi các đường dẫn dòng chảy với khoang lò phản ứng 3 nơi lắp bể corium 8 này. Vì vậy, trong trường hợp việc làm mát bể corium kéo dài, thì đảm bảo được việc tuần hoàn nước làm mát và việc loại bỏ nhiệt ổn định từ lớp bên ngoài 11. Corium trong bể 8 này dần dần hạ nhiệt do nhiệt lưu và nhiệt từ sự giải phóng năng lượng dư giảm xuống. Ở giai đoạn khởi đầu của việc làm mát vật chất nóng chảy sau khi tương tác với vật liệu điện chảy 10 được hoàn tất, sự trao đổi nhiệt chính được thực hiện qua lớp bên ngoài 11 của bể chứa nhiều lớp. Sau khi nước được cấp vào trong bể 8 này, các dòng nhiệt dần dần dịu lại: dòng nhiệt qua lớp bên ngoài 11 trở nên ngang bằng với dòng nhiệt từ bề mặt corium. Ở giai đoạn cuối, corium này có thể được làm mát trực tiếp bằng nước được cấp vào bể corium 8 này, điều này là khả thi nếu corium này tạo ra kết cấu thấm nước trong quá trình corium đông đặc.

Do vậy, nhìn tổng thể, bể 8 này của hệ thống làm mát và giữ lại vật chất nóng chảy từ lõi của lò phản ứng hạt nhân được làm mát và làm chậm bằng nước này cho phép làm tăng hiệu quả loại bỏ nhiệt ra khỏi chất nóng chảy trong khi vẫn duy trì sự toàn vẹn của lớp bên ngoài 11 của bể chứa nhiều lớp này.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Hệ thống làm mát và giữ lại vật chất nóng chảy từ lõi của lò phản ứng hạt nhân được làm mát và làm chậm bằng nước, bao gồm:

tấm dẫn hướng dạng hình nón (4) được làm thích ứng để được lắp bên dưới đáy thùng lò phản ứng (2),

dầm hẫng (5) được lắp bên dưới tấm dẫn hướng (4) này và đỡ tấm dẫn hướng (4) này,

bẫy corium (8) được lắp bên dưới dầm hẫng (5) này và được trang bị lớp bọc được làm mát dưới dạng bể chứa nhiều lớp để bảo vệ thành trao đổi nhiệt bên ngoài khỏi các tác động động học, nhiệt học và hóa học, và

vật liệu điền đầy (10) dùng để làm loãng vật chất nóng chảy nằm bên trong bể chứa nhiều lớp này,

trong đó bể chứa nhiều lớp này bao gồm thành kim loại bên ngoài (11) và thành kim loại bên trong (13) có lớp điền đầy (12) ở giữa có độ dẫn nhiệt thấp hơn so với độ dẫn nhiệt của vật liệu làm thành, trong đó độ dày h_{fil} của lớp điền đầy (12) này thỏa mãn điều kiện sau đây:

$$0,8h_{ext} < h_{fil} < 1,6h_{ext}$$

trong đó h_{ext} là độ dày của thành bên ngoài (11) của bể chứa này.

2. Hệ thống theo điểm 1, trong đó thành bên trong (13) và thành bên ngoài (11) được làm bằng thép.

3. Hệ thống theo điểm 1, trong đó sử dụng lớp điền đầy (12) này có điểm nóng chảy nằm trong khoảng từ 800°C đến 1400°C.

4. Hệ thống theo điểm 1, trong đó lớp bê tông hoặc vật liệu gốm có sự trao đổi nhiệt ổn định với thành bên ngoài (11) của bể chứa nhiều lớp được dùng làm lớp điền đầy (12) này.

5. Hệ thống theo điểm 1, trong đó các gân chịu lực được đặt giữa thành bên trong (13) và thành bên ngoài (11), và độ dày (h_{rib}) của gân này thỏa mãn điều kiện sau:

$$0,5h_{ext} < h_{rib} < h_{ext}$$

6. Hệ thống theo điểm 5, trong đó các gân chịu lực này đi qua thành bên trong (13) đi vào thể tích bên trong bể chứa tạo thành kết cấu chống đỡ bảo vệ.

7. Hệ thống theo điểm 1, trong đó phần trên của bể chứa nhiều lớp này được trang bị vành, đường kính trong và đường kính ngoài của vành này tương ứng với đường kính trong và đường kính ngoài của thành bên trong (13) và thành bên ngoài (11) của bể chứa này.

8. Hệ thống theo điểm 1, trong đó lớp xỉ nhân tạo bổ sung được đặt giữa thành bên ngoài (11) này và lớp điền đầy (12) này của bể chứa này, lớp xỉ này trên nền ít nhất một trong số các oxit sau: oxit ziriconi, oxit nhôm, oxit sắt (III), với hàm lượng của nền này trong lớp này không nhỏ hơn 20% theo khối lượng.

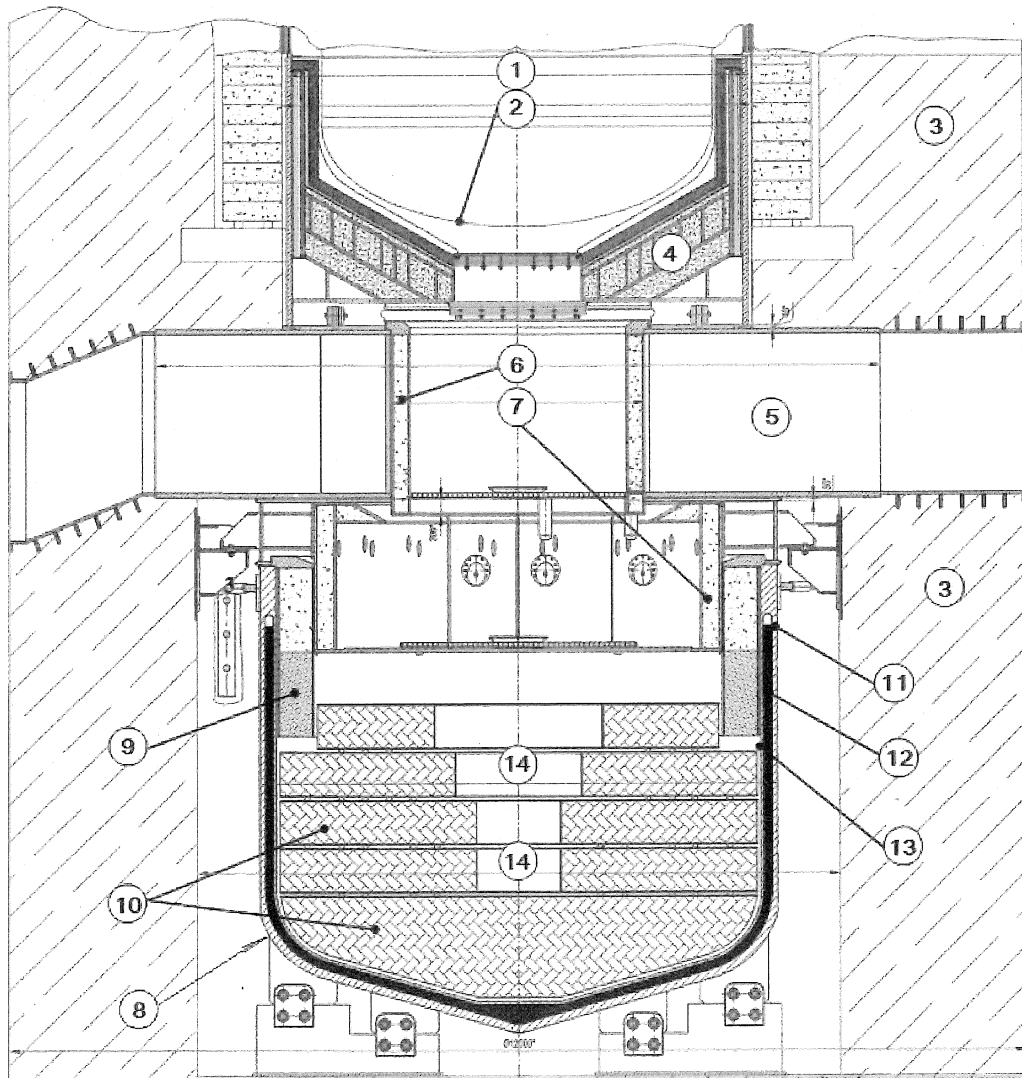


Fig. 1 (a)

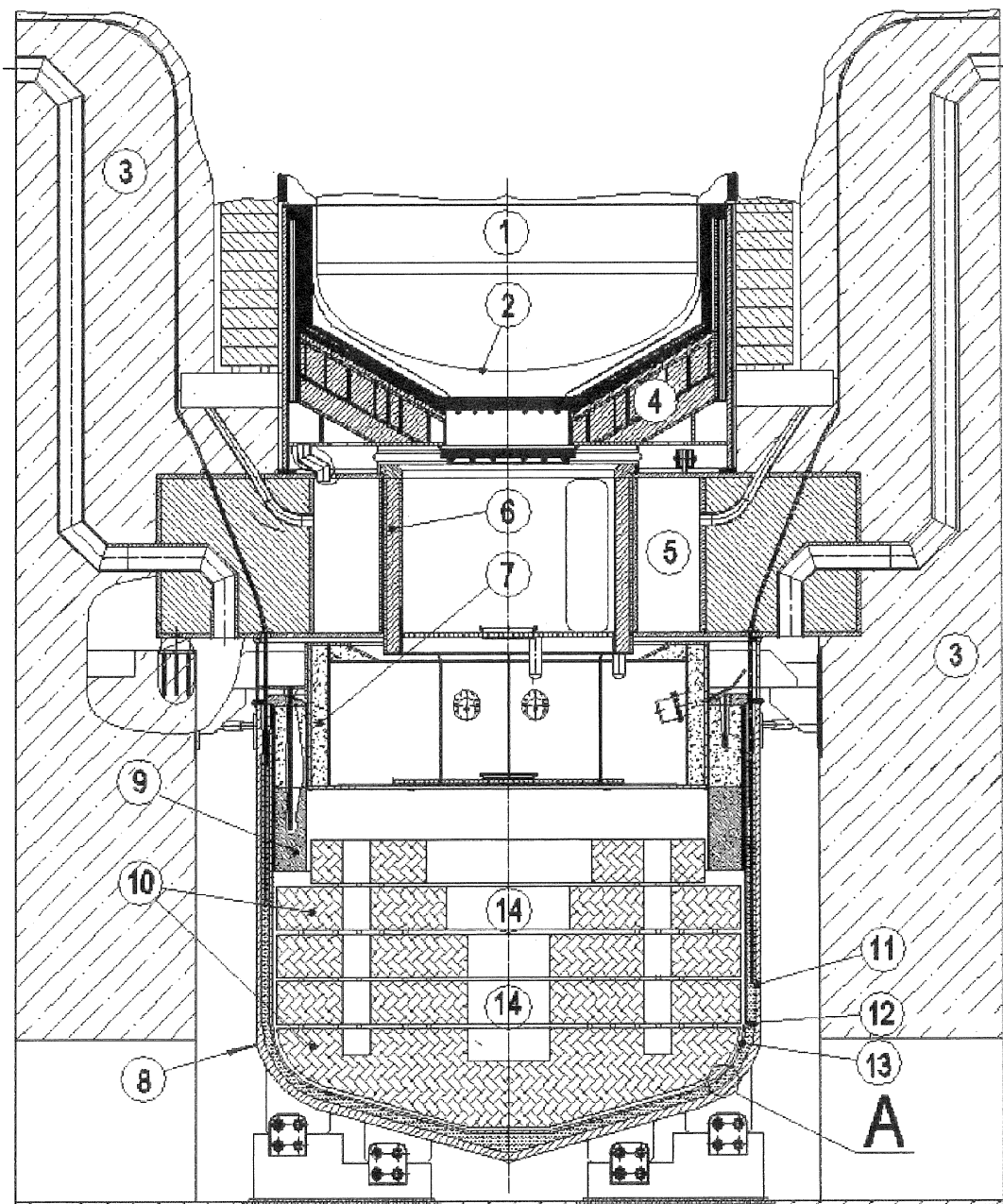


Fig. 1 (b)

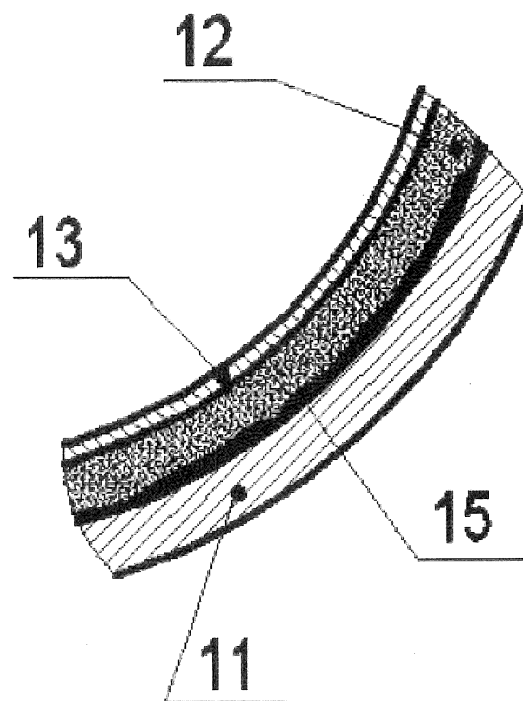
A

Fig. 2