



(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)



1-0027913

(51)⁷ G21F 9/36

(13) B

(21) 1-2016-00420

(22) 19/03/2014

(86) PCT/RU2014/000169 19/03/2014

(87) WO 2015/016741 05/02/2015

(30) 2013135672 31/07/2013 RU

(45) 25/04/2021 397

(43) 25/08/2016 341A

(73) JOINT STOCK COMPANY "AKME-ENGINEERING" (RU)

Ul. Pyatnitskaya, 13, str. 1 Moscow, 115035, Russian

(72) TOSHINSKY, Georgiy Ilich (RU).

(74) Công ty Luật TNHH ANT (ANT LAWYERS COMPANY LIMITED)

(54) PHƯƠNG PHÁP LƯU TRỮ NHIÊN LIỆU HẠT NHÂN THẢI TRONG THỜI GIAN DÀI

(57) Sáng chế đề cập đến phương pháp lưu trữ nhiên liệu hạt nhân thải của lò phản ứng hạt nhân trong thời gian dài bao gồm, thứ nhất, trước khi thanh nhiên liệu thải của lò phản ứng hạt nhân được bố trí trong thùng thép và sau đó được bịt kín bằng nắp đáy, một vật liệu tro hóa học với vật liệu của vỏ của các yếu tố nhiên liệu của thanh nhiên liệu thải, với vật liệu của thân vỏ, với không khí và với nước, được bố trí trong thùng thép, thùng thép này được gắn trong thiết bị làm nóng, thùng thép được làm nóng cùng với vật liệu được bố trí trong thùng thép nêu trên cho đến khi vật liệu chuyển thành trạng thái lỏng, và sau đó thanh nhiên liệu thải được tách khỏi lò phản ứng hạt nhân được bố trí trong thùng thép sao cho phần nhiên liệu của các yếu tố nhiên liệu của các thanh nhiên liệu thải là thấp hơn mức vật liệu lỏng trong thùng thép, thanh nhiên liệu thải được cố định ở vị trí này, và vỏ được bịt kín bằng nắp đáy, sau đó thùng thép bịt kín được tách ra khỏi thiết bị làm nóng và gắn trong thiết bị lưu trữ được làm mát bằng không khí trong khí quyển. Giải pháp kỹ thuật này là có thể đảm bảo lưu trữ thanh nhiên liệu thải của lò phản ứng hạt nhân trong các thiết bị lưu trữ trong thời gian dài với việc làm mát sử dụng không khí trong khí quyển, đặc biệt là tuần hoàn tự nhiên không khí trong khí quyển, và cũng để chuyển các thanh nhiên liệu thải vào nhà máy để xử lý nhằm đảm bảo mức an toàn cao hơn.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến lĩnh vực công nghệ hạt nhân, và cụ thể hơn sáng chế đề cập đến phương pháp lưu trữ an toàn nhiên liệu thải của các lò phản ứng hạt nhân trong thời gian dài.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Việc lưu trữ an toàn nhiên liệu hạt nhân thải (WNF) trong thời gian dài (trong nhiều thập kỷ), đặc biệt là các bộ phận nhiên liệu thải (WFA) của các lò phản ứng hạt nhân đặt ra một thách thức kỹ thuật phức tạp. Điều này là do thực tế là có tiềm ẩn bức xạ cao liên quan đến tính phóng xạ của các sản phẩm phân hạch hạt nhân của vật liệu nhiên liệu có trong WNF, và cũng có tính phóng xạ của nhiên liệu hạt nhân thứ cấp (Plutonium) và các actinid nhỏ (Neptunim, Americium, Curim) được tạo ra trong quá trình hoạt động của lò phản ứng hạt nhân (NR) khi tiếp xúc với các neutron của nhiên liệu hạt nhân sơ cấp.

Việc hỏng lớp chắn an toàn chính, vỏ của thanh nhiên liệu (FE), do ăn mòn, tác động nhiệt và cơ học, sẽ dẫn đến thoát phóng xạ và sẽ gây ra hậu quả nghiêm trọng về phóng xạ.

Vấn đề còn phức tạp hơn nữa bởi thực tế là WNF là nguồn năng lượng dư không thể di chuyển được, phát thải giảm dần theo thời gian, nhưng ngay cả sau nhiều năm, thì vẫn cần loại bỏ nhiệt hữu hiệu, sự thất bại sẽ làm tăng nhiệt độ WNF và làm mất trạng thái bịt kín của vỏ FE.

Hiện tại, phương pháp lưu trữ WNF trong thời gian dài thông thường bao gồm bố trí WFA trong các bể làm mát (CP) đổ đầy nước để loại bỏ năng lượng dư của WFA. Vì nước trong CP có thể bị nhiễm phóng xạ nên nó có thể được làm mát sử dụng thiết bị trao đổi nhiệt được nối với một nguồn nước làm mát bên ngoài.

Tình trạng kỹ thuật đã biết bộc lộ phương pháp lưu trữ nhiên liệu hạt nhân thải trong bể làm mát.

Ví dụ, có một phương pháp đã được biết đến trong lĩnh vực kỹ thuật tương ứng để lưu trữ nhiên liệu hạt nhân thải bằng cách đặt các vỏ đã đục lỗ tại đỉnh của nó và đổ đầy nước khử muối trong các bể có nước khử muối. Mức nước trong các vỏ và bể được giữ dưới mép các lỗ bằng cách cấp nước khử muối liên tục từ một bình chứa riêng vào các vỏ và bể. Ngoài ra, đã có đề xuất để cấp nước vào các vỏ không liên tục, khi đạt đến một mức cho phép tối đa trong các trường hợp thử nghiệm với một giá trị tối đa của năng lượng dư (Sáng chế RU2403633, G21C19/06, G21F9/36, 2010).

Lĩnh vực kỹ thuật đã biết bộc lộ một phương pháp lưu trữ các vật liệu phóng xạ, bao gồm a) nhấn chìm một thùng chứa có một phần đỉnh, một phần đáy và một khoang bên trong thân thùng chứa để đổ đầy nước, b) lấp vật liệu phóng xạ bên trong khoang của thùng chứa đã đặt để đổ đầy nước, c) nâng thùng chứa đã nhấn chìm cho

đến khi phần đỉnh được đặt trên mức bề mặt bình chứa nước với phần chính của thùng chứa duy trì dưới mức bề mặt của bình chứa nước, và d) loại bỏ nước ra khỏi khoang của thùng chứa với phần đỉnh của thùng chứa duy trì trên mức bề mặt của bình chứa nước, và phần còn lại của thùng chứa được nhấn chìm (Đơn sáng chế Mỹ US2009069621, G21F5/005, 2009).

Có một phương pháp đã biết được sử dụng trong các thiết bị lưu trữ nhiên liệu hạt nhân thải, tại NPP và nhà máy tái chế nhiên liệu hạt nhân thải. Để lưu trữ nhiên liệu hạt nhân trong thời gian dài trong các trường hợp chứa đầy nước, các thiết bị được đặt trong bể nước dưới một sàn dầm sử dụng các thanh treo, các phần đỡ của các vỏ được lắp trên đáy của bể, và phần trên của vỏ được đặt dưới sàn dầm với một khe hở 100 ÷ 150 mm và mật độ vỏ dựa trên cơ sở là 30 ÷ 50 vỏ trên một mét vuông của diện tích đáy bể (Sáng chế RU2407083, G21C19/22, 2010).

Việc sử dụng phương pháp này để lưu trữ WNF đã cho thấy rằng theo thời gian, dưới tác động của quá trình ăn mòn, đã làm mất độ kín của thùng chứa hoặc trường hợp vỏ với nhiên liệu hạt nhân thải trong bể làm mát cũng như ô nhiễm nước phóng xạ.

Để ngăn hiện tượng này, kỹ thuật lưu trữ “khô” WFA đã được sử dụng, trong đó WFA, sau khi được lưu trữ trong bể làm mát một thời gian (khoảng ba năm) và sau khi giảm năng lượng dư thì được đưa ra khỏi bể làm mát và được đặt vào vỏ bịt kín, vỏ này được đặt trong thiết bị lưu trữ “khô” đã làm mát bằng không khí.

Như đã biết hậu quả của vụ tai nạn tại Fukushima-1, do không cấp năng lượng cho hệ thống làm mát bằng nước, nên đã xảy ra sự bốc hơi nước trong bể làm mát, sự quá nhiệt của FE, phá hủy các phần thân của bể làm mát cùng với sự hình thành lượng lớn oxy tạo ra trong phản ứng hơi ziriconi, và phát thải phóng xạ ra môi trường.

Với tình hình như vậy, dường như là hợp lý khi chuyển sang lưu trữ WNF “khô”, bỏ qua giai đoạn lưu trữ “ướt” bên trong bể làm mát.

Có các phương pháp lưu trữ đã biết, sử dụng kỹ thuật lưu trữ “khô”, đã mô tả trong sáng chế Mỹ số US 6,802,671, DE 3816195, Sáng chế Mỹ số US 5,887,042, Sáng chế Mỹ số US 8,098,790

Các lĩnh vực kỹ thuật đã biết mô tả một phương pháp chuyển và/hoặc lưu trữ vật liệu hạt nhân, trong đó các vật liệu hạt nhân được bố trí bên trong một thùng chứa với tấm chắn bức xạ làm bằng chì đúc bố trí trên khung kim loại (Đơn sáng chế Mỹ số US2010183110, G21F5/008, 2010).

Sáng chế này đề xuất ít nhất một mức chắn bức xạ bao gồm ít nhất một khung kim loại được đặt thẳng dọc trục dọc và được bọc bởi một khối chì hoặc một khối hợp kim chì, đúc trên khung kim loại, với khung kim loại được lắp ít nhất một bộ phận để ngăn khối chì đúc (hoặc một hợp kim của nó) di chuyển theo chiều dọc. Ngoài ra, khung kim loại đã nói được nhúng trong khối đúc từ chì (hoặc một trong các hợp kim của chì) ít nhất bởi một phần chiều dài của nó dọc theo trục dọc, và trong phương án ưu tiên – dọc toàn bộ chiều dài của khối. Vì vậy, một kết nối cơ học rắn của khung

kim loại và khối chì (hoặc một trong các hợp kim của chì) được tạo ra, và sự chuyển động theo chiều dọc tương đối của hai bộ phận này so với nhau, loại trừ trong trường hợp khối rơi tự do.

Lĩnh vực kỹ thuật tương ứng đã mô tả một phương pháp lưu trữ nhiên liệu hạt nhân thải trong thùng chứa đã làm mát đối lưu, trong đó một túi có nhiên liệu thải được bố trí bên trong thùng kim loại với các lớp bện kín, với bề có mặt bên và gờ mặt đầu loại bỏ nhiệt, đồng thời đóng vai trò như là bộ phận giữ khoảng cách và giảm xóc. Bề được gắn bên trong thân của thùng chứa trong khi đó tạo ra một khe hở cho luồng không khí, với gờ của thùng tiếp xúc với đáy và bề mặt bên trong của thùng chứa. Thân của thùng chứa được tạo ra từ vỏ kim loại bên ngoài và bên trong, khoảng không giữa được đổ đầy vật liệu chống bức xạ, ví dụ bằng bê tông chịu nhiệt và/hoặc hợp chất hấp thụ neutron. Giữa các vỏ, có các bộ phận loại bỏ nhiệt tăng cường được tạo ra dưới dạng tấm kim loại đục lỗ hàn vào vỏ bên trong và tiếp xúc chặt với vỏ bên ngoài, gắn dọc theo tiếp tuyến của vỏ bên trong. Ở phần đáy của thân, tạo ra các ống làm mát bên trong, và trong vỏ, tạo ra các ống làm mát bên ngoài. Trong trường hợp giảm áp của thùng, ống làm mát được đóng lại bằng nắp kín (Sáng chế RU2231837, G21F5/008, 2004).

Nhược điểm của giải pháp kỹ thuật này là khả năng phát thải phóng xạ ra môi trường trong trường hợp khử áp bề kim loại, bên trong đặt túi chứa nhiên liệu hạt nhân thải.

Giải pháp gần nhất với sáng chế là phương pháp lưu trữ “khô” WNF từ các lò phản ứng của tàu ngầm hạt nhân (NS), trong đó phần có thể loại bỏ chất thải đã dỡ tải (WRP) cùng với lõi hoạt động với WNF là một phần của nó, nghĩa là, ngay sau khi dỡ tải, đặt vào một trong các hộp của thiết bị lưu trữ làm mát sơ bộ trong thùng bịt kín bằng thép, bên trong có chứa chất lỏng nóng chảy Pb-Bi, làm nóng sơ bộ trên nhiệt độ nóng chảy của nó. Nắp bịt kín được gắn trên đỉnh thùng. Sau khi ngắt kết nối của hệ thống làm nóng, giảm nhiệt dư và hóa rắn Eutecti, thùng có WRP được di chuyển cùng với hộp của thiết bị lưu trữ làm mát trong thời gian dài để lưu trữ từ 3-5 năm hoặc lâu hơn (Zrodnikov A. V, et al.). Các vấn đề và cách tiếp cận để xử lý nhiên liệu hạt nhân thải của lò phản ứng kim loại lỏng của các tàu ngầm hạt nhân. Báo cáo công nghiệp điện hạt nhân của Viện giáo dục cao—Bộ Giáo dục và Khoa học của Liên bang Nga, Obninsk: No 1, 2007, p. 16).

Nhược điểm của giải pháp gần nhất nằm ở lĩnh vực sử dụng cực kỳ giới hạn – chỉ có lõi hoạt động của lò phản ứng của NS, dỡ tải toàn bộ như là một phần của WRP, có mức công suất cực thấp tại thời điểm dỡ tải. Điều này gây ra bởi hai yếu tố: 1) lò phản ứng NS chủ yếu hoạt động ở mức công suất thấp; và 2) việc tiếp liệu được hạn chế để giới hạn việc sửa chữa sâu của NS, đó là lý do vì sao việc dỡ tải được thực hiện sau khi tắt lò phản ứng trong một khoảng thời gian dài thích hợp.

Đối với các lò phản ứng của các nhà máy điện hạt nhân dân dụng, phương pháp dỡ tải và lưu trữ WNF như vậy là không thể áp dụng được do mức cao của năng lượng dư, gây ra bởi hoạt động của lò phản ứng, chủ yếu, ở mức công suất tiêu chuẩn, và một giai đoạn làm mát ngắn trước khi dỡ tải WNF. Vì lý do tương tự, không thể sử dụng hợp kim eutectic Pr-Bi có nhiệt độ nóng chảy thấp ($123,5^{\circ}\text{C}$) làm môi trường truyền nhiệt, bởi vì môi trường truyền nhiệt sẽ ở trạng thái chất lỏng trong một thời gian dài và sẽ không hoạt động như một tấm chắn an toàn bổ sung.

Hơn nữa, phương pháp lưu trữ như vậy không cho phép vận chuyển WNF đến nhà máy tái xử lý theo tài liệu quy định hiện hành. Việc tháo rời lõi hoạt động tiêu tốn sức lực, đòi hỏi nguồn nguy cơ phóng xạ và hạt nhân cao.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế là tăng độ an toàn của việc lưu trữ nhiên liệu hạt nhân thải trong thời gian dài khi lưu trữ các bộ phận nhiên liệu thải của lò phản ứng hạt nhân trong các thiết bị lưu trữ với việc làm mát sử dụng không khí khí quyển, tốt hơn là lưu thông không khí khí quyển tự nhiên.

Mục đích của sáng chế đạt được bằng cách hình thành nhiều tấm chắn bảo vệ trên đường phát thải phóng xạ ra môi trường. Nhiều tấm chắn bảo vệ được hình thành bằng cách làm nóng thùng thép cho WFA, đổ đầy vật liệu có nhiệt độ nóng chảy đủ cao, tro hóa học liên quan đến vật liệu của vỏ FE của WFA, với vật liệu thân của vỏ, với không khí và với nước, cho đến khi nó tan chảy, đặt WFA bên trong thùng thép đã làm nóng bật kín, trong đó vật liệu trên đây được chứa ở trạng thái lỏng. Sau khi tháo vỏ ra khỏi thiết bị làm nóng, vỏ được đặt bên trong thiết bị lưu trữ WNF “khô” với việc làm mát bằng không khí khí quyển. Sau khi hóa rắn vật liệu, vật liệu là tro hóa học so với vật liệu của vỏ FE của WFA, với vật liệu của thân vỏ, với không khí với nước, bên trong thùng thép, nhiều tấm chắn bảo vệ trên đường phát thải phóng xạ ra môi trường được tạo ra, đảm bảo lưu trữ an toàn và đáng tin cậy WFA trong thời gian dài. Vỏ này có thể bố trí thêm trong một hộp của thiết bị lưu trữ “khô” được làm mát bằng không khí tuần hoàn tự nhiên, hoặc trong thùng chứa làm mát đối lưu, ví dụ, theo giải pháp kỹ thuật gần nhất Sáng chế RU2231837, trong đó WFA có thể được chuyển vào nhà máy tái xử lý.

Bằng cách chọn vật liệu đổ đầy vỏ có khả năng dẫn nhiệt đủ cao, nhiệt độ cho phép của vỏ EL của WFA không bị vượt quá ngay cả tuần hoàn tự nhiên bằng không khí khí quyển, để đảm bảo rằng loại bỏ nhiệt thụ động trong một khoảng thời gian không giới hạn.

Mô tả chi tiết sáng chế

Phương pháp lưu trữ an toàn WNF trong thời gian dài bao gồm các bước sau đây:

Trước khi dỡ tải WFA ra khỏi lò phản ứng hạt nhân, một vỏ có gờ thép, được đổ đầy sơ bộ lượng vật liệu cần thiết, vật liệu là tro hóa học so với các vật liệu của vỏ

FE, với vật liệu của thân vỏ, với không khí và với nước, có một nhiệt độ nóng chảy và khả năng dẫn nhiệt chấp nhận được, ví dụ chì, được gắn trong thiết bị làm nóng.

Dưới tác động của nhiệt phát thải bởi thiết bị làm nóng, chì được chuyển thành trạng thái lỏng (nhiệt độ nóng chảy là 327°C).

Sử dụng các bộ phận thích hợp, WFA được loại bỏ khỏi lò phản ứng hạt nhân và được đặt bên trong vỏ sao cho phần nhiên liệu của FE duy trì dưới mức chì lỏng trong vỏ được cố định ở vị trí này bởi các thiết bị cơ học đã lắp trong vỏ và/hoặc trong vỏ của WFA. Sau đó, vỏ được bịt kín bằng nắp.

Vỏ bịt kín được tách thêm ra khỏi thiết bị làm nóng và được gắn trong hộp thích hợp của lưu trữ “khô” được làm mát sử dụng không khí tuần hoàn tự nhiên. Vật liệu, có WFA được đổ đầy, làm rắn, tạo ra nhiều lớp bảo vệ - mỗi FE của WFA được bọc riêng với một lớp chì, và toàn bộ WFA cũng được bọc tất cả xung quanh bởi một lớp chì, được đặt giữa WFA và thành bên trong của thân thùng thép.

Do vậy, nút của thiết bị bảo vệ được gắn bên trong lỗ của hộp của thiết bị lưu trữ, sau đó chu trình đã mô tả được lặp lại.

Yêu cầu bảo hộ

1. Phương pháp lưu trữ nhiên liệu hạt nhân thải của lò phản ứng hạt nhân trong thời gian dài, phương pháp này bao gồm các bước sau:

cung cấp một thùng thép;

cung cấp một khối vật liệu là tro hóa học: với vỏ thanh nhiên liệu của bộ phận nhiên liệu thải, với thùng thép và với không khí và nước;

trong đó khối vật liệu tro hóa học là chì;

bố trí khối vật liệu tro hóa học trong thùng thép;

gắn thùng thép trong thiết bị làm nóng;

làm nóng thùng thép, cùng với khối vật liệu tro hóa học đã đặt trong thùng thép, cho đến khi khối vật liệu tro hóa học được hóa lỏng;

tách bộ phận nhiên liệu lỏng ra khỏi lò phản ứng hạt nhân;

đặt bộ phận nhiên liệu lỏng vào trong thùng thép;

trong đó vật liệu tro hóa học đã hóa lỏng bọc các bộ phận nhiên liệu thải;

trong đó các bộ phận nhiên liệu thải được đặt trong vỏ theo cách sao cho một phần nhiên liệu của thanh nhiên liệu của bộ phận nhiên liệu thải là thấp hơn mức vật liệu tro hóa học hóa lỏng trong vỏ thép, trong đó bộ phận nhiên liệu thải được cố định trong vị trí này;

bịt kín thùng thép với nắp;

tách vỏ thép đã bịt kín ra khỏi thiết bị làm nóng; và

gắn thùng thép đã bịt kín trong thiết bị chứa để làm mát bằng không khí khí quyển.

2. Phương pháp theo điểm 1, trong đó thiết bị lưu trữ được làm mát sử dụng không khí khí quyển bao gồm các hộp cho thùng thép với các bộ phận nhiên liệu thải và các nút của thiết bị bảo vệ trên mỗi hộp, trong đó thiết bị lưu trữ được đóng sau khi đổ đầy, và trong đó việc làm mát thùng thép trong thiết bị lưu trữ được thực hiện bằng cách sử dụng tuần hoàn tự nhiên không khí khí quyển.