



(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)



1-0029136

(51)⁷ G21C 1/03

(13) B

(21) 1-2016-00938

(22) 19/03/2014

(86) PCT/RU2014/000171 19/03/2014

(87) WO 2015/047131 02/04/2015

(30) 2013143712 30/09/2013 RU

(45) 25/08/2021 401

(43) 25/07/2016 340A

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

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

(72) MARTYNOV Petr Nikiforovich (RU); ASKHADULLIN Radomir Shamilievich (RU); IVANOV Konstantin Dmitrievich (RU); LEGKIH Aleksandr Urievich (RU); STOROZHENKO Aleksey Nikolaevich (RU); FILIN Aleksandr Ivanovich (RU); BULAVKIN Sergey Viktorovich (RU); SHARIKPULOV Said Mirfaisovich (RU); BOROVITSKY Stepan Artemovich (RU).

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

(54) PHƯƠNG PHÁP OXY HÓA CHỐNG GỈ TẠI CHỖ CỦA BỀ MẶT THÉP CỦA LÒ PHẢN ỨNG HẠT NHÂN

(57) Sáng chế liên quan đến lĩnh vực công nghệ hạt nhân, và cụ thể hơn sáng chế đề cập đến phương pháp oxy hóa chống gỉ tại chỗ bề mặt thép. Phương pháp bao gồm bước lắp đặt, ở vị trí đã định cho lõi thường, lõi mô phỏng ở dạng mẫu lõi, được tạo mẫu theo hình dạng của lõi, vị trí tương đối của thành phần lõi và các thuộc tính khối lượng của lõi; tiếp theo, lò phản ứng được đổ đầy bằng môi trường truyền nhiệt kim loại lỏng nặng, môi trường truyền nhiệt được làm nóng đến điều kiện oxy hóa chống gỉ, và quá trình oxy hóa chống gỉ tại chỗ được thực hiện theo hai giai đoạn, giai đoạn thứ nhất bao gồm quá trình oxy hóa chống gỉ đẳng nhiệt với điều kiện xác định cho giai đoạn này, và giai đoạn thứ hai bao gồm quá trình oxy hóa chống gỉ không đẳng nhiệt, được thực hiện dưới những điều kiện khác, sau đó lõi mô phỏng được loại bỏ và lõi thường được lắp đặt ở vị trí của nó. Phương pháp cho phép khả năng chống ăn mòn của thành phần thép trong môi trường truyền nhiệt kim loại lỏng nặng và cho phép giảm tốc độ tiêu thụ oxy trong giai đoạn ban đầu của hoạt động lò phản ứng hạt nhân.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế liên quan đến lĩnh vực công nghệ hạt nhân, và cụ thể hơn sáng chế đề cập đến phương pháp oxy hóa chống gỉ tại chỗ của bề mặt thép của lò phản ứng hạt nhân với chất làm mát kim loại lỏng nặng.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Các phương pháp khác nhau để oxy hóa chống gỉ bề mặt của ống thép là đã được biết đến.

Ví dụ, tình trạng kỹ thuật đã biết bộc lộ phương pháp oxy hóa chống gỉ bề mặt ống nồi hơi và máy phát điện, trong đó việc oxy hóa chống gỉ được thực hiện với chất oxy hóa dạng khí (oxy) được cấp vào môi trường trong khi nồi hơi hoạt động với việc tắt tuabin trong khi giám sát dòng thoát ra của sắt oxit. Ngay từ lúc nồi hơi bắt đầu hoạt động, môi trường được chuyển liên tục thành trạng thái hỗn hợp hơi nước-nước bằng cách giảm áp lực môi trường và nhiệt độ. Sự giải phóng nhiệt trong lò nồi hơi tăng từng bước chuyển qua giai đoạn mới của sự giải phóng nhiệt sau khi sắt oxit ngừng thoát ra ở bước làm sạch này. Mức áp suất ban đầu trong khu vực quá nhiệt của nồi hơi cho chất oxy hóa cấp vào nằm trong khoảng từ 1,0 đến 1,2 MPa và sau khi áp suất của khu vực quá nhiệt đạt đến mức từ 2,0 đến 3,0 MPa và sắt oxit ngừng thoát ra tại giai đoạn này, áp suất và nhiệt độ của môi trường nồi hơi tăng đến giá trị thích hợp để thu hồi của môi trường trong khu vực quá nhiệt của nồi hơi từ trạng thái hỗn hợp hơi nước-nước, và điều kiện này được duy trì cho đến khi quy trình oxy hóa chống gỉ hoàn thành (Patent Nga số RU 2232937, F22B37/48, 7/20/2004).

Phương pháp oxy hóa chống gỉ của ống thép bằng cách xử lý với chế phẩm chứa oxy là đã biết, theo sáng chế, không khí bổ sung oxy hoặc nitơ với nồng độ tối đa là 1,2 g/l được sử dụng làm chế phẩm chứa oxy, và quá trình xử lý được tiến hành trong thời gian từ 0,5 đến 50 phút với tốc độ chảy của chế phẩm là từ 50 đến 200 m/giây và ở nhiệt độ từ 300 đến

500°C (Patent Nga 2190699, C23G5/00, 10/10/2002). Phương pháp nhằm bảo vệ chống ăn mòn ống thép với đường kính và chiều dài khác nhau mà yêu cầu bảo vệ chống ăn mòn hiệu quả, cụ thể, bảo vệ bề mặt trong của chúng là không dễ đạt được. Phương pháp này được thiết kế cho các doanh nghiệp sản xuất ống thép công nghiệp.

Phương pháp khác để làm sạch oxy và oxy hóa chống gỉ bề mặt trong của ống nồi hơi với chế phẩm làm sạch bao gồm hỗn hợp oxy và nước cấp hoặc hơi nước, hoặc hỗn hợp nước-hơi nước là đã biết, trong đó nồng độ oxy trong chế phẩm làm sạch được duy trì trong khoảng từ 10 đến 15 g/kg, và tiến hành làm sạch trong khoảng từ 4,5 đến 5 tiếng đồng hồ ở nhiệt độ của chế phẩm làm sạch trong khoảng từ 90 đến 450°C (Patent Nga RU 2303745, F22B37/48, 7/27/2007). Như được trình bày trong bản mô tả sáng chế, phương pháp đảm bảo làm sạch và oxy hóa chống gỉ hiệu quả bề mặt trong của ống trong khi giảm tiêu thụ năng lượng và giảm thời gian không hoạt động của thiết bị phát điện.

Đồng thời, mục đích của phương pháp này là oxy hóa chống gỉ bề mặt trong của ống bằng cách cho hỗn hợp oxy và nước cấp, hơi nước, hoặc hỗn hợp nước-hơi nước đi qua ống. Phương pháp này không phù hợp để oxy hóa chống gỉ các bộ phận thép của nhà máy hạt nhân, vì điều kiện hoạt động bao gồm điều kiện nhiệt độ, và vật liệu sử dụng trong cấu trúc của các thiết bị như vậy về căn bản là khác nhau. Ngoài ra, yêu cầu cho hoạt động an toàn của lò phản ứng hạt nhân là cao hơn đáng kể so với thiết bị của nồi hơi.

Cụ thể, các công nghệ sau đây thường được sử dụng để đảm bảo khả năng chống ăn mòn của thép cấu trúc mạch sơ cấp cho lò phản ứng hạt nhân với chất làm mát kim loại lỏng nặng.

- Xử lý hóa học hoặc điện hóa học bề mặt thanh nhiên liệu (FE – fuel element);
- Oxy hóa chống gỉ (oxy hóa sơ bộ) ngoại mạch (nhà máy) của các thành phần và thiết bị riêng trong môi trường oxy hóa như hợp kim cho thanh lõi, cacbon dioxit cho máy phát điện hơi nước, hơi nước cho vỏ bọc của hệ thống bảo vệ và điều khiển (CPS – Control and Protection System)
- Loại bỏ FE với mạ thép dựa vào kết quả về độ dày và chất lượng giám sát lớp oxit tạo ra trên bề mặt FE.

Những hoạt động này thường được thực hiện ở nhà máy sản xuất thành phần mạch sơ cấp của lò phản ứng hạt nhân.

Quá trình xử lý sơ bộ và oxy hóa chống gỉ bề mặt chính của mạch sơ cấp, như mô tả trong Patent Nga số RU2190699 ở trên có thể giảm đáng kể tổng tiêu thụ oxy hòa tan bởi thép và do đó đơn giản hóa hoạt động của đơn vị chuyển khối hoặc dụng cụ khác duy trì khả năng oxy hóa của chất làm mát, đặc biệt ở giai đoạn hoạt động ban đầu của lò phản ứng hạt nhân.

Tuy nhiên, trong quá trình oxy hóa chống gỉ ngoại mạch (nhà máy), thiếu sót kỹ thuật chính được phát hiện chủ yếu liên quan đến điều kiện oxy hóa ngoại mạch sơ bộ của FE với mạ thép EI trong bể mở bằng chì-bitmut loại eutectic. Oxy hóa chống gỉ ngoại mạch (oxy hóa) của sản phẩm trong môi trường khí (CO_2 , hơi nước) làm phức tạp hóa công nghệ nhà máy. Đồng thời, nên chú ý rằng việc loại bỏ các thành phẩm được thực hiện ở giai đoạn oxy hóa chống gỉ ở nhà máy chứng minh hiệu quả theo kết quả hoạt động của nhà máy. Trong quá trình của hai giai đoạn loại bỏ (sau đi xử lý thép sơ bộ và oxy hóa chống gỉ ở nhà máy), tốc độ loại bỏ là gần 10% hoặc cao hơn. Đối với oxy hóa chống gỉ ngoại mạch của máy phát điện hơi nước làm bằng thép peclit, điều kiện đặc biệt của quá trình xử lý cacbon dioxit ở nhiệt độ cao hơn được thực hiện kết hợp với quy trình xử lý tôi các mối hàn.

Nên lưu ý rằng sự lựa chọn nhiệt độ và các điều kiện oxy cho quá trình oxy hóa chống gỉ trong nhà máy là không tối ưu vì màng oxit với pha plumboferit mà không có các thuộc tính bảo vệ xuất hiện trên bề mặt thép trong quá trình xử lý.

Thực tế, việc xử lý sơ bộ bề mặt thép của mạch sơ cấp của lò phản ứng hạt nhân nhanh với chất làm mát kim loại lỏng nặng không thể đảm bảo mức oxy hóa chống gỉ hiệu quả giảm thiểu quá trình oxy hóa trên bề mặt khi cho bề mặt của mạch sơ cấp tương tác với chất làm mát kim loại lỏng (ví dụ, chì, chì-bitmut eutectic) với các lý do ở trên.

Như trình bày ở trên, ngoài việc oxy hóa chống gỉ tại nhà máy (ngoại mạch), sự chuẩn bị thường được thực hiện cho oxy hóa chống gỉ tại chỗ bề mặt thép thực hiện trong hoạt động ban đầu của lò phản ứng hạt nhân cho các lò phản ứng hạt nhân nhanh.

Giải pháp kỹ thuật liên quan đến oxy hóa chống gỉ tại chỗ của cấu trúc của lò phản ứng năng lượng nhanh được trang bị phương tiện chống ăn mòn thanh nhiên liệu và thành phần mạch sơ cấp tương tác với chất làm mát kim loại lỏng (chì) được chọn làm tài liệu đối chứng gần nhất của sáng chế (Patent Nga số RU2456686, G21C1/03, 7/20/2012).

Như trình bày trong RU2456686, khi sử dụng chất làm mát chì, các nhược điểm liên quan đến ăn mòn của thành phần cấu trúc của mạch sơ cấp của lò phản ứng xảy ra. Sáng chế theo RU2456686 nhằm ức chế ăn mòn của thành phần cấu trúc của mạch sơ cấp, chủ yếu là các thành phần cấu trúc được lắp trong lõi lò phản ứng hạt nhân do sự hình thành màng cacbua thụ động ổn định. Ngoài ra, sáng chế đảm bảo bảo vệ chống lại thiệt hại cơ học của mạ FE chống ăn mòn và lớp phủ bảo vệ tạo ra trên thành phần cấu trúc của mạch sơ cấp. Giải pháp này dựa vào thực tế rằng mạ vỏ FE dưới các điều kiện hoạt động khắc nghiệt, cụ thể là ở khu vực điểm nóng tiếp xúc với chất làm mát chì ở đầu nhiệt độ cao của mạch sơ cấp của lò phản ứng là tiếp xúc ăn mòn nhiều nhất. Ăn mòn động lực học phát sinh và phát triển như là kết quả của tuần hoàn chất làm mát giữa các thành phần mạch sơ cấp với nhiệt độ khác nhau là đặc biệt quan trọng. Để đảm bảo bảo vệ chống ăn mòn mạ FE và thành phần của mạch sơ cấp của lò phản ứng hạt nhân nhanh với chất làm mát kim loại lỏng (chì), chất phụ gia oxy hóa chống gỉ, cụ thể là cacbon được cấp vào chất làm mát. Cho mạ FE làm bằng vanadi hoặc niobi (hoặc hợp kim của cả hai), chất làm mát kim loại lỏng (hợp kim cacbon-chì) tiếp xúc với vật liệu mạ vỏ bảo vệ FE, dẫn đến quá trình gắn kết lớp bề mặt mạ. Lớp phủ cacbua thụ động được tạo ra trên bề mặt mạ bảo vệ.

Phương pháp theo sáng chế bao gồm việc sử dụng FE không chỉ bao gồm vỏ kín mà còn mạ bảo vệ làm bằng vanadi hoặc niobi hoặc hợp kim dựa vào vanadi và/hoặc niobi, và chì được sử dụng như là chất làm mát. Tài liệu đối chứng gần nhất nhằm tạo ra màng cacbua, chủ yếu trên bề mặt mạ bảo vệ FE, trong đó quá trình oxy hóa chống gỉ của các thành phần khác của mạch sơ cấp của lò phản ứng hạt nhân (bơm, bề mặt máy phát điện hơi nước, v.v.) xuất hiện ít tập trung hơn (mô tả không cụ thể nếu vật liệu của thành phần như vậy chứa vanadi, niobi hoặc hợp kim của chúng).

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế là đề xuất quy trình oxy hóa chống gỉ tại chỗ của bề mặt thép của thành phần mạch sơ cấp của lò phản ứng hạt nhân với chất làm mát kim loại lỏng nặng bằng cách tạo ra điều kiện cho quy trình oxy hóa phát triển để đảm bảo mức yêu cầu của oxy hóa chống gỉ tại giai đoạn ban đầu của hoạt động của lò phản ứng hạt nhân.

Xem xét đến những hạn chế vật lý hiện có của các phương tiện đã biết về cường độ khả thi của việc dẫn oxy vào chất làm mát, một tình huống có thể xảy ra khi lượng tiêu thụ oxy do phản ứng oxy hóa sẽ vượt quá tốc độ của việc dẫn vào chất làm mát kim loại lỏng nặng, nghĩa là duy trì điều kiện oxy theo yêu cầu cho chất làm mát đã nói là không thể. Giai đoạn ban đầu của hoạt động lò phản ứng hạt nhân là không chắc chắn nhất theo khía cạnh này. Tình hình còn phức tạp hơn bởi thực tế là trong giai đoạn đầu của việc hình thành màng oxit trên sản phẩm thép ngâm trong chất làm mát kim loại lỏng nặng không thể được tính toán chính xác tại thời điểm này. Do vậy, lỗi vật liệu xảy ra trong quá trình ước tính tốc độ ban đầu của sự oxy hóa thép là khó để so với khả năng của công nghệ chất làm mát kim loại lỏng nặng.

Giải pháp cho phép duy trì màng thụ động trên bề mặt của thành phần thép trong quá trình hoạt động của lò phản ứng hạt nhân bằng các phương tiện tiêu chuẩn của quá trình chuyển khối sử dụng trong lò phản ứng hạt nhân.

Quy trình oxy hóa chống gỉ tại chỗ với lõi mô phỏng cho các kết quả kỹ thuật sau:

- Khả năng chống ăn mòn của mẫu thép không phải chịu bất kỳ quá trình tiền xử lý đặc biệt nào cho hoạt động trong chất làm mát kim loại lỏng nặng;
- Giảm tốc độ tiêu thụ oxy tối đa khi bề mặt mạch sơ cấp được oxy hóa tại giai đoạn ban đầu của hoạt động lò phản ứng hạt nhân;
- Giảm hiệu suất oxy hoà tan của quá trình nghĩa là dẫn oxy vào chất làm mát để duy trì điều kiện oxy theo yêu cầu tại giai đoạn ban đầu của hoạt động lò phản ứng hạt nhân.

Với thực tế là FE có thể được oxy hóa chống gỉ sơ bộ, tiêu thụ oxy để sự oxy hóa của chúng có thể giảm thêm đáng kể.

Những kết quả kỹ thuật này bị ảnh hưởng bởi các yếu tố thiết yếu sau đây của bề mặt

thép của lò phản ứng hạt nhân trong phương pháp oxy hóa chống gỉ tại chỗ.

Phương pháp oxy hóa chống gỉ tại chỗ của bề mặt thép của lò phản ứng hạt nhân bao gồm màng bảo vệ được tạo ra trên bề mặt của thành phần mạch sơ cấp của lò phản ứng hạt nhân bằng cách đưa chất nền tương tác với vật liệu của thành phần mạch sơ cấp vào chất làm mát, vì vậy tạo ra màng bảo vệ, trong đó, trong quá trình lắp đặt lò phản ứng hạt nhân trước khi đổ đầy chất làm mát của lò phản ứng, lõi mô phỏng được lắp ở vị trí lõi, lò phản ứng được đổ đầy chất làm mát được làm nóng đến nhiệt độ đảm bảo điều kiện oxy hóa chống gỉ và sau đó lõi mô phỏng được loại bỏ và thay thế bằng lõi tiêu chuẩn.

Chất làm mát kim loại lỏng được sử dụng như là chất làm mát mạch sơ cấp.

Oxy hóa chống gỉ tại chỗ được thực hiện trong hai giai đoạn, trong đó giai đoạn thứ nhất được thực hiện dưới điều kiện oxy hóa chống gỉ đẳng nhiệt tại đó oxy được dẫn vào chất làm mát kim loại lỏng, và giai đoạn thứ hai được tiến hành dưới điều kiện oxy hóa chống gỉ không đẳng nhiệt.

Oxy hóa chống gỉ đẳng nhiệt được thực hiện ở $T = 300^{\circ}\text{C} - 330^{\circ}\text{C}$.

Oxy với hoạt tính nhiệt động học $a = 10^{-1} \div 10^{-3}$ được dẫn vào chất làm mát kim loại lỏng.

Hoạt tính nhiệt động học oxy $a = 10^{-1} \div 10^{-3}$ và nhiệt độ $T = 300^{\circ}\text{C} - 330^{\circ}\text{C}$ được duy trì trong thời gian $t = 220 (\pm 20)$ tiếng đồng hồ.

Oxy hóa chống gỉ không đẳng nhiệt được thực hiện với bơm hoặc các bơm được bật.

Năng lượng của bơm hoặc các bơm chiếm ít nhất 30% của giá trị danh nghĩa.

Nồng độ oxy được duy trì ở $\text{Co}_2 = (1-4) \cdot 10^{-6} \%$ trọng lượng.

Hoạt tính nhiệt động học oxy a tăng lên tới $a = 10^{-2} \div 10^{-4}$.

Năng lượng của bơm hoặc các bơm bằng ít nhất 30% của giá trị danh nghĩa, nồng độ oxy $\text{Co}_2 = (1-4) \cdot 10^{-6} \%$ trọng lượng và hoạt tính nhiệt động học oxy $a = 10^{-2} \div 10^{-4}$ được duy trì trong thời gian $t = 550 (\pm 50)$ tiếng đồng hồ.

Lõi mô phỏng là mô hình lõi mô phỏng hình dạng, vị trí tương đối của thành phần lõi

cũng như khối lượng và kích thước của nó.

Như trong tình trạng kỹ thuật đã biết (RU 2456686), màng bảo vệ được tạo ra trên bề mặt của thành phần của mạch sơ cấp của lò phản ứng để oxy hóa chống gỉ tại chỗ của bề mặt thép của mạch sơ cấp của lò phản ứng hạt nhân nhanh bằng cách cho chất nền tương tác với vật liệu thành phần mạch sơ cấp vào chất làm mát lỏng nặng của mạch sơ cấp của lò phản ứng hạt nhân để tạo ra màng bảo vệ.

Sự khác biệt của phương pháp được yêu cầu bảo hộ là lõi mô phỏng (CS – core simulator) mô phỏng hình dạng, vị trí tương đối của thành phần lõi (bao gồm bộ phận nhiên liệu) cũng như khối lượng và kích thước của nó, được lắp tại vị trí lõi tiêu chuẩn đặt trong lò phản ứng hạt nhân trước khi đổ đầy chất làm mát lỏng của lò phản ứng.

Sau đó lò phản ứng được đổ đầy chất làm mát kim loại lỏng nặng, chất làm mát được làm nóng đến nhiệt độ đảm bảo điều kiện oxy hóa chống gỉ.

Oxy hóa chống gỉ tại chỗ được thực hiện theo hai giai đoạn, giai đoạn thứ nhất bao gồm oxy hóa chống gỉ đẳng nhiệt ở $T = 300-330^{\circ}\text{C}$ với bơm tắt và hoạt tính nhiệt động học oxy cao $a = 10^{-1} \div 10^{-3}$, ở nhiệt độ và hoạt động oxy nêu trên được duy trì trong thời gian $t = 220 \pm 20$ tiếng đồng hồ, và giai đoạn thứ hai bao gồm oxy hóa chống gỉ không đẳng nhiệt với bơm bật ở mức năng lượng của ít nhất 30% giá trị danh nghĩa trong thời gian $t = 550 \pm 50$ tiếng đồng hồ, trong đó nồng độ oxy được duy trì ở mức $\text{Co}_2 = (1-4) \cdot 10^{-6} \%$ trọng lượng với hoạt tính nhiệt động học oxy cao $a = 10^{-2} \div 10^{-4}$, sau đó lõi mô phỏng được loại bỏ và thay thế bằng lõi tiêu chuẩn, trong đó nhiệt độ chất làm mát tăng từ $T = 300-330^{\circ}\text{C}$ đến mức yêu cầu để oxy hóa chống gỉ ($T = 410-420^{\circ}\text{C}$).

Sau đó nồng độ oxy thu được được duy trì trong chất làm mát kim loại lỏng trong quá trình hoạt động bình thường.

Áp dụng quy mô đầy đủ CS ở chế độ thử nghiệm nóng để mô phỏng dòng chảy quanh tất cả bộ phận của mạch sơ cấp của lò phản ứng hạt nhân cho phép nâng cao khả năng kháng ăn mòn của thép cấu trúc trong mạch sơ cấp với chất làm mát kim loại lỏng nặng bằng cách oxy hóa thép trong môi trường chất làm mát kim loại lỏng nặng và giảm nồng độ oxy cho hoạt động thông thường dưới điều kiện nồng độ oxy ít nhất là $(\text{Co}_2 = (1 - 10) \cdot 10^{-6})$.

⁶ % trọng lượng.

Oxy hóa chống gỉ sơ bộ (ngoại mạch, ví dụ, nhà máy) của thành phần mạch sơ cấp như là lõi và máy phát điện hơi nước cho phép giảm mật độ tiêu thụ oxy khoảng 50% trong hoạt động thông thường, trong đó oxy hóa chống gỉ của máy phát điện hơi nước đạt được hiệu quả tối đa (gần 30%) do thực tế rằng chúng có diện tích bề mặt lớn tiếp xúc với chất làm mát kim loại lỏng. Ưu điểm đáng kể của phương pháp được yêu cầu bảo hộ là màng oxit bảo vệ (chống ăn mòn) bền và liên tục được tạo ra khi đáp ứng các điều kiện nêu trên. Nghiên cứu đã cho thấy rằng việc giảm cường độ oxy hóa tương tác của thép với chất làm mát dưới điều kiện bình thường (đang hoạt động) hiệu quả, độ dày của màng khoảng 1-2 μm là phù hợp tại giai đoạn ban đầu của hoạt động lò phản ứng hạt nhân.

Trong ứng dụng của phương pháp được yêu cầu bảo hộ liên quan đến thiệt hại cho lớp oxit tạo ra trong dòng chảy chất làm mát kim loại lỏng nặng trong quá trình của thí nghiệm chống ăn mòn của mẫu thép không oxy hóa chống gỉ của mạch sơ cấp tại nồng độ oxy đã chọn, không xảy ra thiệt hại về ăn mòn trong thí nghiệm, mà ngược lại thiệt hại được khắc phục và lớp oxit có độ dày theo yêu cầu, độ bền và tính liên tục được tạo ra.

Để chứng minh cho phương pháp oxy hóa chống gỉ tại chỗ đã đề cập, một số lượng thí nghiệm đáng kể đã được tiến hành. Cụ thể, đối với các thành phần thiết yếu của mạch sơ cấp, thanh nhiên liệu (thép EP-823), đã được chứng minh rằng quá trình oxy hóa sơ bộ trong quá trình nấu chảy cho phép khả năng bảo vệ chống ăn mòn đáng tin cậy cho toàn bộ bề mặt thép ở nhiệt độ cao ($t = 620-650^{\circ}\text{C}$) trong 1000 đến 5000 tiếng đồng hồ với thống kê tốt (10 lần khảo sát). Các trường hợp sau là cần thiết như điểm ăn mòn rõ được phát hiện định kỳ với sự phân tán ổn định trên mẫu vật chứng mà không có bất kỳ biện pháp bảo vệ nào, kể cả oxy hóa sơ bộ, trong quá trình thí nghiệm.

Mô tả chi tiết sáng chế

Dựa vào dữ liệu thí nghiệm, phương pháp phù hợp nhất là oxy hóa chống gỉ tại chỗ tại nhiệt độ từ 410 đến 420 $^{\circ}\text{C}$ với nồng độ oxy cao ($\text{Co}_2 \sim 1 \cdot 10^{-5} \%$ theo khối lượng), cho phép để kết hợp với oxy hóa chống gỉ với thời gian trong khoảng từ 2 đến 4 tuần với hoạt động vận hành khác mà không dẫn đến chậm trễ không cần thiết trong quá trình khởi động

lò phản ứng.

Việc thực hiện oxy hóa chống gỉ tại chỗ bề mặt thép với lõi mô phỏng của lò phản ứng nhanh có chất làm mát kim loại lỏng nặng được thực hiện trong các giai đoạn riêng rẽ và bao gồm quy trình hoạt động bắt buộc sau:

- lắp CS trong vị trí thông thường của lõi nhà máy hạt nhân;
- đổ đầy lò phản ứng với chất làm mát kim loại lỏng nặng;
- làm nóng chất làm mát đến nhiệt độ đảm bảo điều kiện oxy hóa chống gỉ;
- oxy hóa chống gỉ tại chỗ, bao gồm điều kiện oxy hóa chống gỉ đẳng nhiệt ($T = 300-330^{\circ}\text{C}$, $t \sim 220$ tiếng đồng hồ) và điều kiện oxy hóa chống gỉ không đẳng nhiệt (tại mức năng lượng của bơm là ít nhất 30% của giá trị danh nghĩa với $t \sim 550$ tiếng đồng hồ) với hoạt tính nhiệt động học oxy cao ($a = 10^{-1} \div 10^{-3}$ cho quá trình đẳng nhiệt và $a = 10^{-2} \div 10^{-4+}$ cho quá trình không đẳng nhiệt);
- Loại bỏ CS.

Sau đó, sau khi thay thế CS với lõi tiêu chuẩn, trong hoạt động thông thường của lò phản ứng hạt nhân nhanh, nồng độ oxy cần thiết được duy trì không đổi, đảm bảo oxy hóa chống gỉ liên tục của phần thép diễn ra tại nhiệt độ chất làm mát thông thường, nhưng cường độ thấp hơn trong khi thực hiện phương pháp sử dụng CS được yêu cầu bảo hộ.

Yêu cầu bảo hộ

1. Phương pháp oxy hóa chống gỉ tại chỗ bề mặt thép của lò phản ứng hạt nhân bao gồm bước trong đó màng bảo vệ được tạo ra trên bề mặt của thành phần mạch sơ cấp của lò phản ứng hạt nhân bằng cách đưa chất nền vào tương tác với vật liệu của thành phần mạch sơ cấp vào chất làm mát, từ đó tạo ra màng bảo vệ, trong đó, trong quá trình lắp đặt lò phản ứng hạt nhân trước khi đổ đầy chất làm mát lò phản ứng, lõi mô phỏng được lắp đặt ở vị trí lõi, lò phản ứng được đổ đầy chất làm mát được làm nóng đến nhiệt độ đảm bảo điều kiện oxy hóa chống gỉ và sau đó lõi mô phỏng được loại bỏ và thay thế bằng lõi tiêu chuẩn.
2. Phương pháp theo điểm 1, trong đó chất làm mát kim loại lỏng được sử dụng như là chất làm mát mạch sơ cấp.
3. Phương pháp theo điểm 2, trong đó quá trình oxy hóa chống gỉ tại chỗ được thực hiện theo hai giai đoạn, trong đó giai đoạn thứ nhất được thực hiện dưới điều kiện oxy hóa chống gỉ đẳng nhiệt ở đó oxy được dẫn vào chất làm mát kim loại lỏng, và giai đoạn thứ hai được thực hiện dưới điều kiện oxy hóa chống gỉ không đẳng nhiệt.
4. Phương pháp theo điểm 3, trong đó quá trình oxy hóa chống gỉ đẳng nhiệt được thực hiện ở nhiệt độ $T = 300^{\circ}\text{C} - 330^{\circ}\text{C}$.
5. Phương pháp theo điểm 4, trong đó oxy được dẫn vào trong chất làm mát kim loại lỏng với hoạt tính nhiệt động học $a = 10^{-1} \div 10^{-3}$.
6. Phương pháp theo điểm 5, trong đó hoạt tính nhiệt động học oxy $a = 10^{-1} \div 10^{-3}$ và nhiệt độ $T = 300^{\circ}\text{C} - 330^{\circ}\text{C}$ được duy trì trong thời gian $t = 220 (\pm 20)$ tiếng đồng hồ.
7. Phương pháp theo điểm 3, trong đó quá trình oxy hóa chống gỉ không đẳng nhiệt được thực hiện với bơm hoặc các bơm được bật.
8. Phương pháp theo điểm 7, trong đó năng lượng của bơm hoặc các bơm nằm trong khoảng ít nhất 30% giá trị danh nghĩa.
9. Phương pháp theo điểm 7, trong đó nồng độ oxy được duy trì ở mức $\text{Co}_2 = (1-4) \cdot 10^{-6} \%$ theo khối lượng.

10. Phương pháp theo điểm 7, trong đó hoạt tính nhiệt động học oxy a tăng lên đến $a = 10^{-2} \div 10^{-4}$.

11. Phương pháp theo điểm 7, trong đó năng lượng của bơm hoặc các bơm bằng ít nhất 30% giá trị danh nghĩa, nồng độ oxy $\text{Co}_2 = (1-4) \cdot 10^{-6} \%$ theo khối lượng và hoạt tính nhiệt động học oxy $a = 10^{-2} \div 10^{-4}$ được duy trì trong thời gian $t = 550 (\pm 50)$ tiếng đồng hồ.

12. Phương pháp theo điểm 1, trong đó lõi mô phỏng là mẫu lõi mô phỏng hình dạng, vị trí tương đối của thành phần lõi, cũng như khối lượng và kích thước của lõi.