



- (12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ  
(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN) (11) CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ  
(51)<sup>2020.01</sup> C23C 22/00; G21C 17/022; G21C 13/087; C23C 22/73; C23F 11/00 (13) B



1-0026288

- (21) 1-2016-02375 (22) 08/12/2014  
(86) PCT/RU2014/000915 08/12/2014 (87) WO 2015/088389 18/06/2015  
(30) 2013154531 10/12/2013 RU  
(45) 25/11/2020 392 (43) 26/09/2016 342A  
(73) JOINT STOCK COMPANY "AKME-ENGINEERING" (RU)  
Ul. Pyatnitskaya, 13, str. 1 Moscow, 115035, Russia  
(72) MARTYNOV, Petr Nikiforovich (RU); ASKHADULLIN, Radomir Shamilievich (RU); STOROZHENKO, Aleksey Nikolaevich (RU); IVANOV, Konstantin Dmitrievich (RU); LEGKIH, Aleksandr Urievich (RU); SHARIKPULOV, Said Mirfais ovich (RU); FILIN, Aleksandr Ivanovich (RU); BULAVKIN, Sergey Viktorovich (RU).  
(74) Công ty Luật TNHH ANT (ANT LAWYERS COMPANY LIMITED)

(54) PHƯƠNG PHÁP OXY HÓA CHỐNG GI Ờ ĐƯỜNG VI ỜN B ỜN TRONG C ỜA B Ờ M ỜT TH ỜP C ỜA L Ờ PH ỜN ỜNG H ỜT NH ỜN

(57) Sáng chế đề cập đến phương pháp oxy hóa chống gi ờ đường vi ờn b ờn trong của b ờ mặt th ờp của l ờ ph ờn ờng h ờt nh ờn bao g ờm b ờc đ ờ đ ờy đ ờng vi ờn th ờ nh ờt của l ờ ph ờn ờng h ờt nh ờn v ời ch ờt làm m ờt kim lo ời l ờng, đ ờa ch ờt ph ờn ờng v ờo ch ờt làm m ờt kim lo ời l ờng, ch ờt ph ờn ờng n ờy t ờng t ờc v ời v ờt li ờu của c ờc th ờnh ph ờn của đ ờng vi ờn th ờ nh ờt t ờo ra m ờng b ờo v ờ, v ờ làm n ờng ch ờt làm m ờt kim lo ời l ờng, m ờ c ờ ch ờt ph ờn ờng đ ờc đ ờa v ờo trong đ ờ, đ ờn nhi ờt đ ờ cho ph ờp đ ờp ờng c ờc đi ờu ki ờn t ờo ra m ờng b ờo v ờ. Ch ờt làm m ờt kim lo ời l ờng c ờ ch ờt ph ờn ờng đ ờc đ ờa v ờo trong đ ờ đ ờc gi ờ ở nhi ờt đ ờ n ờu tr ờn cho đ ờn khi m ờng b ờo v ờ ti ờp t ờc đ ờc t ờo ra tr ờn b ờ mặt của v ờt li ờu của c ờc th ờnh ph ờn của đ ờng vi ờn th ờ nh ờt. Ch ờt làm m ờt kim lo ời l ờng c ờ ch ờt ph ờn ờng đ ờc đ ờa v ờo trong đ ờ đ ờc làm n ờng b ờng c ờch ma s ờt v ời c ờnh qu ờt xo ờy của b ờm c ờnh qu ờt, đ ờc ch ờm trong ch ờt làm m ờt kim lo ời l ờng. V ờ v ờy sáng chế đề xuất quy tr ờnh oxy hóa chống gi ờ đ ờn gi ờn h ờn, ph ờng th ờc oxy hóa chống gi ờ đ ờng tin c ờy h ờn, t ờng đ ờ an to ờn v ờ đi ờu ki ờn quy tr ờnh oxy hóa chống gi ờ b ờ mặt th ờp đ ờn gi ờn h ờn.

### **Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập**

Sáng chế liên quan đến lĩnh vực công nghiệp điện hạt nhân, và cụ thể hơn sáng chế đề cập đến phương pháp để bảo vệ bề mặt thép của lò phản ứng nhanh với chất làm mát kim loại lỏng bằng cách oxy hóa chống gỉ đường viền bên trong của bề mặt thép.

### **Tình trạng kỹ thuật của sáng chế**

Trong quá trình hoạt động của các lò phản ứng nhanh với chất làm mát kim loại lỏng, các bề mặt bên trong của đường viền thứ nhất là đối tượng bị tăng ăn mòn động lực học là kết quả của sự tuần hoàn chất làm mát giữa mặt cắt đường viền chạy ở các nhiệt độ khác nhau. Trong mặt cắt đường viền nhiệt độ cao, chất làm mát kim loại lỏng hòa tan các thành phần của hợp kim sử dụng trong các thành đường viền và chuyển các kim loại đã hòa tan quanh đường viền. Trong mặt cắt đường viền lạnh, các thành phần lắng của dung dịch, vì vậy vi phạm các điều kiện trao đổi nhiệt và tạo ra các nút chặn rãnh chất làm mát. Để ngăn sự ăn mòn các bề mặt bên trong của đường viền thứ nhất của lò phản ứng tiếp xúc với chất làm mát kim loại lỏng nặng, có thể oxy hóa chống gỉ bằng cách tạo ra trên bề mặt là màng oxit có độ dày, sự liên tục, thành phần và cường độ thích hợp.

Hiện nay có nhiều cách khác nhau để oxy hóa chống gỉ bề mặt thép của lò phản ứng hạt nhân.

Phương pháp đã biết để oxy hóa chống gỉ các bề mặt của ống dẫn thép không gỉ của lò phản ứng hạt nhân để làm chậm sự tích tụ của các vật liệu phóng xạ trên phần bề mặt của các chi tiết gia công như vậy (xem Patent số US4636266, IPC C23C08/10, C23C08/14 công bố ngày 13/01/1987). Theo phương pháp này, bề mặt đánh bóng trước của các ống được tiếp xúc với nguồn khí oxy, như không khí chứa lượng nhỏ hơi nước, ở nhiệt độ trong khoảng từ 150 đến 450°C (tốt hơn là từ 250 đến 350°C) trong ít nhất năm giờ đồng hồ. Phương pháp được sử dụng để xử lý

sơ bộ bề mặt ống trước khi lắp đặt vào lò phản ứng hạt nhân.

Phương pháp đã biết để oxy hóa chống gỉ hợp kim austenit (xem Patent số US6488783, IPC C23C8/02 C23C8/10, C23C8/16, công bố ngày 03/12/2002) bằng cách tạo ra màng oxit crôm trên bề mặt của chi tiết gia công bằng hợp kim nền niken chứa crôm. Phương pháp bao gồm bước làm nóng chi tiết gia công đến nhiệt độ thích hợp để oxy hóa crôm (khoảng 1100°C) và phơi bề mặt chi tiết gia công ở nhiệt độ nêu trên với hỗn hợp hơi nước và khí trơ trong khoảng 3-5 phút. Hàm lượng hơi nước trong hỗn hợp là từ 0,08% đến 4 m%. Hydro, argon, heli hoặc hỗn hợp của các chất này được sử dụng làm khí trơ. Chi tiết gia công với bề mặt được xử lý sử dụng phương pháp này được sử dụng trong đường viền thứ nhất của lò phản ứng làm mát bằng nước. Phương pháp này đòi hỏi áp dụng nhiệt độ cao để làm nóng chi tiết gia công và đòi hỏi các khí đắt tiền.

Phương pháp đã biết để oxy hóa chống gỉ thiết bị tạo ra điện làm bằng thép peclit (xem Patent số RU2195514, IPC C23C22/00, C23F11/00, công bố ngày 27/12/2002) bằng cách tạo ra lớp phủ oxit trên bề mặt sử dụng dung dịch hóa học chứa hydrazin. Quá trình xử lý được tiến hành với dung dịch chứa khoảng từ 0,01 đến 0,03 g/l hydrazin với việc bổ sung axit nitric lên đến 3,0-4,5 pH trong 1-5 tiếng đồng hồ ở nhiệt độ từ 80 đến 100°C.

Phương pháp đã biết để oxy hóa chống gỉ và làm sạch ống thép (xem Đơn số RU2000130144, IPC C23G5/00, C23F11/02, F28G13/00, công bố ngày 27/12/2002), trong đó bề mặt trong ống được tiếp xúc với tác nhân chứa oxy, như không khí với việc bổ sung oxy hoặc nitơ với hàm lượng lên đến 1,2 g/l. Quá trình xử lý được tiến hành từ 0,5 đến 50 phút với tốc độ chảy của tác nhân từ 50 đến 200m/giây và ở nhiệt độ từ 300 đến 500°C. Phương pháp này nhằm oxy hóa chống gỉ sơ bộ bề mặt đường viền bên trong của ống thép.

Phương pháp đã biết để oxy hóa chống gỉ không tạo ra chất thải và tắt tạm thời thiết bị phát điện làm bằng thép peclit (xem Patent RU2182193, IPC C23F11/02, công bố ngày 10/05/2002). Phương pháp này bao gồm bước tạo ra lớp phủ oxit trên bề mặt bằng cách cho bề mặt tiếp xúc với amoni nitrit trong nước hoặc hơi ở nhiệt độ từ 95 đến 140°C trong 1,5 đến 3 tiếng và với nồng độ từ 60 đến

150mg/kg. Phương pháp cho phép nâng cao hiệu quả của việc bảo vệ ăn mòn thiết bị và loại bỏ chất thải sinh ra, như amoni nitrit phân hủy thành nitơ và nước khi nhà máy điện được chuyển sang hoạt động bằng điện. Tuy nhiên, phương pháp này bị hạn chế sử dụng vì phương pháp này nhằm xử lý ống dẫn của các lò phản ứng hạt nhân làm mát bằng nước.

Phương pháp đã biết để oxy hóa chống gỉ ống dẫn bằng thép cacbon của lò phản ứng hạt nhân (xem Patent số TWM347407U, IPC C23C16/44, công bố ngày 21/12/2008), trong đó bề mặt bên trong của đường viền thứ nhất của đường ống ở nhà máy điện hạt nhân được tiếp xúc với nước có nồng độ oxy hòa tan cao và độ pH định trước. Phương pháp oxy hóa chống gỉ được sử dụng trong giai đoạn thí nghiệm trước khi hoạt động, trong quá trình khởi động hoặc bảo dưỡng/sửa chữa và tắt lò phản ứng hạt nhân. Nên lưu ý rằng phương pháp đã biết được thiết kế để oxy hóa chống gỉ ống dẫn bằng thép cacbon của lò phản ứng hạt nhân làm mát bằng nước. Hơn nữa, việc tiến hành phương pháp này đòi hỏi thiết bị bổ sung, như thiết bị lọc/máy tạo nước khử khoáng, thùng cấp và chứa chất phản ứng, chất phản ứng này để hỗ trợ đặt độ pH, bơm nước cho lò phản ứng đã xử lý, và thiết bị giám sát điện hóa.

Phương pháp đã biết để oxy hóa chống gỉ bề mặt ống dẫn của lò phản ứng hạt nhân (xem Đơn số JPS61199073, IPC C23C22/68; C23F14/00; C23F14/02, công bố ngày 09/03/1986). Đường viền thứ nhất được đổ đầy nước, sau đó nước được làm nóng bằng thiết bị làm nóng đến nhiệt độ nêu trên của sự oxy hóa chống gỉ ống dẫn, và áp suất của nó tăng lên trên áp suất tạo ra hơi nước, bơm đường viền thứ nhất được dùng để tuần hoàn nước đã làm nóng trong đường viền thứ nhất để tạo ra màng oxy hóa chống gỉ trên bề mặt ống dẫn. Phương pháp này bị hạn chế sử dụng. Phương pháp này không phù hợp để oxy hóa chống gỉ các thành phần thép của nhà máy hạt nhân với chất làm mát kim loại lỏng cũng như các điều kiện nhiệt độ và vật liệu sử dụng trong thiết kế của những lò phản ứng này về căn bản là khác nhau.

Phương pháp đã biết để bảo vệ các vật liệu cấu trúc chống lại sự ăn mòn trong chì, bismut, và hợp kim của nó (xem Đơn số RU93013041, IPC C23F11/00 công bố ngày 27/06/1995). Phương pháp này bao gồm bước tạo ra màng oxit bảo vệ dựa trên

nền spinen Me304, độ dày từ 1-50 micrômet, bằng cách cho vật liệu tiếp xúc với dòng kim loại lỏng với áp suất riêng phần thấp từ  $P_{O_2} \sim 10^{-17}$  atm, ví dụ , Pb(Bi)-0 và hợp kim của nó có hoạt độ oxy nhiệt động lực học trong dung dịch ở mức  $a_{O_2} = 1-10^{-4}$  và ở nhiệt độ từ 330 đến 800°C trong 1-100 tiếng. Không có phần mô tả nào về các thiết bị làm nóng dòng kim loại lỏng trong thông tin đơn đã công bố.

Đơn số RU2066710 bộc lộ một quá trình oxy hóa chống gỉ của các bề mặt thép bên trong của lò phản ứng hạt nhân bao gồm việc đổ vào lớp viền của lò phản ứng hạt nhân với chất làm mát kim loại lỏng, đưa oxy vào chất làm mát kim loại lỏng với vai trò là chất phản ứng, oxy phản ứng với nguyên liệu của viền hình thành màng bảo vệ. Chất làm mát kim loại lỏng có oxy được đưa vào được làm nóng để hình thành màng bảo vệ.

Bằng chứng là thực tế, việc xử lý sơ bộ bề mặt thép của đường viền thứ nhất của lò phản ứng hạt nhân nhanh với chất làm mát kim loại lỏng nặng không thể đảm bảo mức thích hợp của các quá trình oxy hóa chống gỉ giảm thiểu các quá trình oxy hóa trên các bề mặt bên trong trong trường hợp sự tương tác của các bề mặt của đường viền thứ nhất với chất làm mát kim loại lỏng (ví dụ, chì, eutectic bismut chì). Theo quan điểm trên, ngoài oxy hóa chống gỉ (bên ngoài) nhà máy, việc cung cấp thường được thực hiện để oxy hóa chống gỉ đường viền bên trong của bề mặt thép tiến hành trong hoạt động ban đầu của các lò phản ứng hạt nhân cho các lò phản ứng hạt nhân nhanh. Để tiến hành oxy hóa chống gỉ thành phần thép của lõi “tươi” trong chất làm mát kim loại lỏng, cần tăng nhiệt độ của chất làm mát kim loại lỏng đến giá trị cao hơn so với trước khi đưa lõi “tươi” vào trong lò phản ứng trong thời gian chấp nhận được. Để tăng nhiệt độ chất làm mát kim loại lỏng đáp ứng điều kiện oxy hóa chống gỉ, các thiết bị làm nóng bên ngoài thường được sử dụng hoặc nhà máy lò phản ứng được chuyển sang mức công suất yêu cầu. Tuy nhiên, thiết bị làm nóng bên ngoài là khó sử dụng, vì việc sử dụng gắn liền với việc cần thiết sử dụng hệ thống làm nóng đất và phức tạp, dẫn đến việc bổ sung vốn đầu tư đáng kể. Nhà máy phản ứng chuyển sang mức công suất yêu cầu có thể được sử dụng để tăng nhiệt độ chất làm mát để oxy hóa chống gỉ thêm. Tuy nhiên các thành phần đường viền thứ nhất tiếp xúc với chất làm mát kim loại lỏng nặng thường được làm bằng các loại thép khác nhau: yêu cầu các hoạt độ oxy thấp hơn để tạo ra màng oxit bảo

vệ chất lượng trên vỏ bọc thanh nhiên liệu, hoạt độ cho các bề mặt khác cao hơn.

Phương pháp oxy hóa chống gỉ đường viền bên trong của bề mặt thép của lò phản ứng hạt nhân được biết đến (xem Patent RU2456686, IPC G21C1/03, công bố ngày 20/07/2012). Phương pháp này trùng với các giải pháp kỹ thuật hiện có về các đặc tính cơ bản và được thực hiện như là nguyên mẫu.

Phương pháp nguyên mẫu bao gồm bước đổ đầy đường viền thứ nhất của lò phản ứng hạt nhân với chất làm mát kim loại lỏng, đưa chất phản ứng vào trong chất làm mát kim loại lỏng mà tương tác với vật liệu của thành phần đường viền thứ nhất để tạo ra màng bảo vệ, làm nóng chất làm mát kim loại lỏng đến nhiệt độ để đảm bảo điều kiện của việc hình thành màng bảo vệ với việc đưa vào chất phản ứng này, và duy trì nhiệt độ của chất làm mát kim loại lỏng ở mức này, với chất phản ứng đưa vào cho đến khi màng bảo vệ rắn được tạo ra trên vật liệu của thành phần đường viền thứ nhất. Cacbon được sử dụng như là chất phản ứng tương tác với vật liệu của thành phần đường viền thứ nhất. Phần nguyên tử của nó trong chì trong khoảng từ  $10^{-5}$  và  $10^{-4}$  ở nhiệt độ hoạt động của chất làm mát kim loại lỏng. Làm nóng chất làm mát kim loại lỏng đến nhiệt độ yêu cầu để quá trình oxy hóa chống gỉ được thực hiện qua lò phản ứng hạt nhân chuyển thành mức công suất mong muốn.

Sự cần thiết phải chuyển lò phản ứng hạt nhân thành mức công suất mong muốn để oxy hóa chống gỉ trong phương pháp nguyên mẫu làm phức tạp việc thực hiện các điều kiện oxy hóa chống gỉ, giảm sự an toàn và làm phức tạp việc kiểm soát quy trình oxy hóa chống gỉ của bề mặt thép, vì việc chuyển thành hoạt động công suất liên quan đến công việc nguy hiểm của lò phản ứng. Ngoài ra, đây là quy trình tốn kém vì yêu cầu hoạt động của toàn bộ nhà máy hạt nhân, trong khi các điều kiện hoạt động là không tối ưu. Hơn nữa, phương pháp này bị giới hạn sử dụng vì nó liên quan đến việc sử dụng các yếu tố nhiên liệu không chỉ bao gồm thân kín mà còn sử dụng lớp sơn phủ bảo vệ làm bằng vanadi hoặc niobi hoặc hợp kim nền vanadi và/hoặc niobi, hoặc chì được sử dụng như là chất làm mát. Màng cacbua được tạo ra chủ yếu trên bề mặt lớp sơn phủ bảo vệ FE, trong đó sự oxy hóa chống gỉ của các thành phần khác của đường viền thứ nhất của lò phản ứng hạt nhân (bề mặt bơm, bề mặt nồi hơi, v.v.) xuất hiện ít hơn (bản mô tả không nêu rõ nếu vật liệu

của yếu tố này chứa vanadi, niobi và hợp kim nền vanadi, niobi).

### **Bản chất kỹ thuật của sáng chế**

Mục đích của sáng chế là phát triển phương pháp oxy hóa chống gỉ đường viền bên trong của các bề mặt thép của lò phản ứng hạt nhân mà cung cấp quá trình oxy hóa chống gỉ đơn giản, điều kiện oxy hóa chống gỉ mạnh hơn, tăng sự an toàn và đơn giản hóa việc điều khiển quy trình oxy hóa chống gỉ bề mặt thép.

Mục đích nêu trên được giải quyết bằng phương pháp oxy hóa chống gỉ đường viền bên trong của bề mặt thép của lò phản ứng hạt nhân theo đối tượng tại yêu cầu bảo hộ 1.

Cụ thể là, phương pháp oxy hóa chống gỉ đường viền bên trong của bề mặt thép của lò phản ứng hạt nhân theo sáng chế bao gồm bước đổ đầy đường viền thứ nhất của lò phản ứng hạt nhân với chất làm mát kim loại lỏng; đưa oxy là chất phản ứng vào chất làm mát kim loại lỏng, chất phản ứng tương tác với vật liệu của các thành phần của đường viền thứ nhất tạo ra màng bảo vệ; làm nóng chất làm mát kim loại lỏng, mà có chất phản ứng được đưa vào đó, đến nhiệt độ đáp ứng các điều kiện để tạo ra màng bảo vệ, chất làm mát kim loại lỏng có chất phản ứng được đưa vào đó được giữ ở nhiệt độ nêu trên cho đến khi màng bảo vệ liên tục được tạo ra trên bề mặt vật liệu của các thành phần của đường viền thứ nhất, đặc trưng ở chỗ, hợp kim bismut-chì được sử dụng làm chất làm mát kim loại lỏng, trong đó chất làm mát kim loại lỏng có oxy được đưa vào làm chất phản ứng được duy trì ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 370 đến 500°C, và chất làm mát kim loại lỏng có oxy được đưa vào làm chất phản ứng đó được làm nóng bằng ma sát với các cánh quạt xoay của bơm cánh quạt.

### **Mô tả chi tiết sáng chế**

Phương thức oxy hóa chống gỉ được đơn giản hóa bằng cách sử dụng hệ thống tiêu chuẩn của nhà máy phản ứng. Không cần chuyển nhà máy phản ứng đến mức công suất mong muốn. Việc tách biệt quá trình oxy hóa chống gỉ của đường viền thứ nhất và thanh nhiên liệu được đơn giản hóa (quá trình oxy hóa chống gỉ thứ nhất của đường viền thứ nhất không có lõi (với bộ mô phỏng của nó) được tiến

hành, và sau đó lõi được oxy hóa chống gỉ.

Bơm tuần hoàn chính của đường viền thứ nhất có thể được sử dụng như là bơm cánh quạt chìm trong chất làm mát kim loại lỏng.

Khi chất làm mát kim loại lỏng với chất phản ứng được đưa vào trong đó được làm nóng, việc loại bỏ nhiệt ra khỏi đường viền thứ nhất có thể bị hạn chế bằng cách tắt một hoặc tất cả các thiết bị trao đổi nhiệt.

Oxy hóa chống gỉ sơ bộ (ví dụ: bên ngoài, nhà máy) của thành phần đường viền thứ nhất của lò phản ứng hạt nhân có thể được tiến hành.

Để ngăn sự ăn mòn của thành đường viền thứ nhất mà luôn luôn được làm bằng thép crôm, chất phản ứng có thể được đưa vào chất làm mát (hợp kim chì-bismut) ở dạng oxy cho mục đích oxy hóa chống gỉ của lớp bề mặt của các thành bằng cách tạo ra màng spinen  $\text{FeO}-(\text{Cr}, \text{Fe})_2\text{O}_3$  rắn. Chất làm mát kim loại lỏng ở dạng hợp kim bismut- chì với oxy được đưa vào được giữ ở nhiệt độ từ 370 đến 500°C, và tốt hơn là được giữ ở nhiệt độ từ 370 đến 500°C trong 2-10 ngày, trong khi các hoạt độ oxy nhiệt động lực học trong chất làm mát kim loại lỏng có thể được duy trì nằm trong khoảng từ  $5 \cdot 10^{-6}$  đến  $5 \cdot 10^{-5}$ .

Phương pháp oxy hóa chống gỉ đường viền bên trong của bề mặt thép của lò phản ứng hạt nhân được thực hiện như sau. Đường viền thứ nhất của lò phản ứng hạt nhân được đổ đầy chất làm mát kim loại lỏng, ví dụ, hợp kim bismut-chì. Chất phản ứng được đưa vào trong chất làm mát kim loại lỏng. Chất phản ứng tiếp xúc với vật liệu thành phần của đường viền thứ nhất, màng bảo vệ được tạo ra, ví dụ, oxy. Hoạt độ oxy nhiệt động lực học trong chất làm mát kim loại lỏng có thể được duy trì nằm trong khoảng từ  $5 \cdot 10^{-6}$  đến  $5 \cdot 10^{-5}$ . Chất làm mát kim loại lỏng với chất phản ứng được đưa vào được làm nóng đến nhiệt độ tốt hơn là từ 370 đến 500°C bằng cách xoay cánh quạt của bơm cánh quạt (ví dụ, bơm tuần hoàn chính) chìm trong chất làm mát kim loại lỏng. Chất làm mát kim loại lỏng với chất phản ứng được đưa vào được giữ ở nhiệt độ này trong 2-10 ngày cho đến khi màng bảo vệ rắn được tạo ra trên bề mặt của vật liệu thành phần đường viền thứ nhất.

Sự oxy hóa chống gỉ sơ bộ (ví dụ: bên ngoài, nhà máy) của thành phần đường



viên thứ nhất, như lõi và nồi hơi, có thể được tiến hành. Sự oxy hóa chống gỉ sơ bộ cho phép giảm cường độ tiêu thụ oxy khoảng 50% trong hoạt động thông thường, trong đó oxy hóa chống gỉ của nồi hơi đạt được kết quả cao nhất (~ 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 (ăn mòn) bền và mỏng liên tục được tạo ra khi đáp ứng các điều kiện trên.

Để chứng minh phương pháp oxy hóa chống gỉ đường viền bên trong của bề mặt thép của lò phản ứng hạt nhân này, số lượng các nghiên cứu thử nghiệm đáng kể đã được tiến hành. Cụ thể là, đối với các thành phần cơ bản của đường viền thứ nhất, thành phần nhiên liệu (thép EP-823), nó được chứng minh rằng quá trình oxy hóa (oxy hóa chống gỉ bề mặt) trong nấu chảy cung cấp sự bảo vệ chống ăn mòn đáng tin cậy trong toàn bộ bề mặt thép ở nhiệt độ cao hơn ( $t = 620-650^{\circ}\text{C}$ ) trong 1000 đến 5000 tiếng với thông kê tốt (hàng chục cuộc khảo sát). Các trường hợp sau là cần thiết như là điểm ăn mòn rõ được phát hiện qua thời gian với sự phân tán thống kê trên mẫu vật chứng mà không có sự bảo vệ của bất kỳ loại nào, bao gồm oxy hóa, trong các thí nghiệm.

Phương pháp oxy hóa chống gỉ đường viền bên trong của bề mặt thép của lò phản ứng hạt nhân được chứng minh thực tế với việc oxy hóa chống gỉ của thành phần cấu trúc của đường viền thứ nhất của lò phản ứng nhanh bismut-chì có cùng điện dung 100 MW (SVBR-100). Chất làm mát kim loại lỏng được làm nóng bằng phương tiện của bơm tuần hoàn chính 700kW với sự thất thoát nhiệt là 51kW. Theo kết quả của thí nghiệm thực tế, khả năng chống ăn mòn được đảm bảo cho các thành phần thép của đường viền thứ nhất, với điều kiện rằng các thành phần trên không chịu bất kỳ sự chuẩn bị cụ thể trước nào trong chất làm mát kim loại lỏng nặng.

**YÊU CẦU BẢO HỘ**

1. Phương pháp oxy hóa chống gỉ đường viền bên trong của bề mặt thép của lò phản ứng hạt nhân bao gồm bước đổ đầy đường viền thứ nhất của lò phản ứng hạt nhân với chất làm mát kim loại lỏng; đưa oxy là chất phản ứng vào chất làm mát kim loại lỏng, chất phản ứng tương tác với vật liệu của các thành phần của đường viền thứ nhất tạo ra màng bảo vệ; làm nóng chất làm mát kim loại lỏng, mà có chất phản ứng được đưa vào đó, đến nhiệt độ đáp ứng các điều kiện để tạo ra màng bảo vệ, chất làm mát kim loại lỏng có chất phản ứng được đưa vào đó được giữ ở nhiệt độ nêu trên cho đến khi màng bảo vệ liên tục được tạo ra trên bề mặt vật liệu của các thành phần của đường viền thứ nhất, đặc trưng ở chỗ, hợp kim bismut-chì được sử dụng làm chất làm mát kim loại lỏng, trong đó chất làm mát kim loại lỏng có oxy được đưa vào làm chất phản ứng được duy trì ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 370 đến 500°C, và chất làm mát kim loại lỏng có oxy được đưa vào làm chất phản ứng đó được làm nóng bằng ma sát với các cánh quạt xoay của bơm cánh quạt.

2. Phương pháp theo điểm 1, trong đó hoạt độ nhiệt động lực học của oxy trong chất làm mát kim loại lỏng được duy trì nằm trong khoảng từ  $5 \cdot 10^{-6}$  đến  $5 \cdot 10^{-5}$ .