



(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)



1-0028160

(51)⁷ G21C 17/025

(13) B

(21) 1-2016-00942

(22) 08/05/2015

(86) PCT/RU2014/000331 08/05/2015

(87) WO 2015/072886 21/05/2015

(30) 2013150258 12/11/2013 RU

(45) 25/05/2021 398

(43) 25/08/2016 341A

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

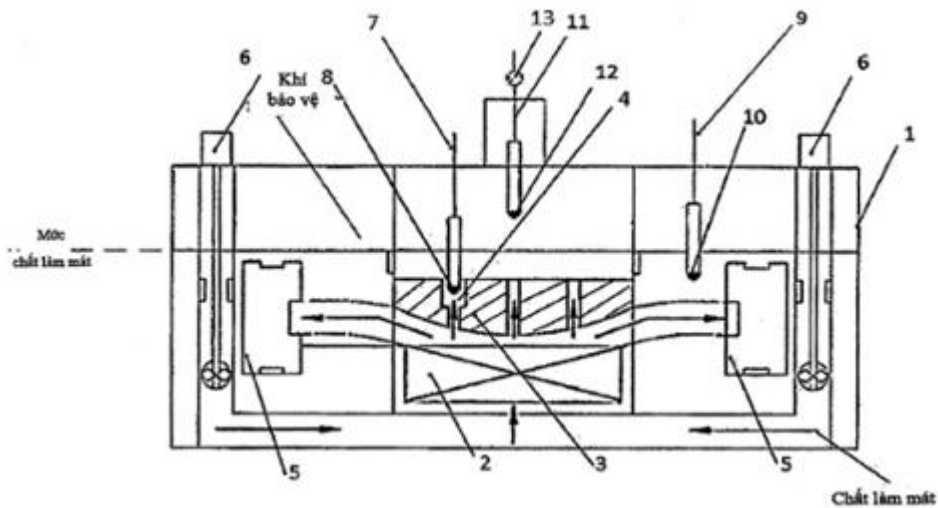
Ul. Pyatnitskaya, 13, str. 1 Moscow, 115035, Russian

(72) ASKHADULLIN Radomir Shamilieovich (RU); IVANOV Konstantin Dmitrievich (RU); MARTYNOV Petr Nikiforovich (RU); STOROZHENKO Aleksey Nikolaevich (RU).

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

(54) Lò phản ứng hạt nhân làm mát bằng kim loại lỏng, hệ thống để giám sát hoạt động nhiệt động oxy trong lò phản ứng này và phương pháp để giám sát hoạt động nhiệt động oxy

(57) Sáng chế đề cập đến lò phản ứng hạt nhân và có thể sử dụng trong nhà máy điện có chất làm mát kim loại lỏng chứa chì, và đặc biệt trong lò phản ứng neutron nhanh. Lò phản ứng hạt nhân đã đề xuất và phương pháp và hệ thống để giám sát hoạt động nhiệt động của oxy trong chất làm mát với thiết bị cảm biến hoạt động nhiệt động oxy hoạt động liên tục trong khu vực "nóng" và "lạnh" của thùng lò phản ứng và thiết bị cảm biến hoạt động không liên tục bổ sung có thể thực hiện giám sát liên tục để duy trì hoạt động nhiệt học oxy đã thiết lập trong chất làm mát kim loại lỏng dưới bất kỳ phương thức hoạt động theo quy định.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến năng lượng hạt nhân, và có thể được sử dụng trong nhà máy điện với chất làm mát kim loại lỏng chứa chì, cụ thể hơn sáng chế đề cập đến lò phản ứng neutron nhanh lần lượt có chất làm mát kim loại lỏng nặng (HLMC), hợp kim eutectic 44,5%Pb-55,5%Bi và chì, trong mạch sơ cấp.

Các tính năng phân biệt của HLML là ăn mòn khá cao so với các vật liệu cấu trúc.

Trong sự kết hợp này, mục đích chính của công nghệ chất làm mát kim loại lỏng chứa chì có trong việc sử dụng công nghệ như sau:

- đảm bảo khả năng ăn mòn của vật liệu cấu trúc sử dụng để liên kết với chất làm mát kim loại lỏng chứa chì;

- cung cấp độ tinh khiết theo yêu cầu của cả chất làm mát và bề mặt trong của thiết bị lặp tuần hoàn (tránh tạo thành xỉ trong từng phần của nhà máy).

Nồng độ oxy hòa tan trong HLML ảnh hưởng đến cách ăn mòn của bề mặt thiết bị và đường ống hoạt động trong sự tiếp xúc đáng kể với HLML.

Do sự tương tác thấp hơn của chì và bismut cho oxy so sánh với sắt và crôm, màng oxit dày đặc khá mỏng (1-10 μm) với độ bám dính tốt với chất nền tạo ra trên bề mặt thép tiếp xúc với chì hoặc chì-bismut nóng chảy chứa oxy hòa tan. Khi có màng như vậy, khả năng ăn mòn của vật liệu cấu trúc tăng đáng kể.

Do vậy, hiện nay, phương pháp chính để bảo vệ vật liệu cấu trúc tiếp xúc với HLML là thụ động hóa oxy (ức chế) của bề mặt, trong đó bao gồm việc tạo ra và duy trì màng oxit trên bề mặt vật liệu.

Do chất oxit của màng, tình trạng trong hoạt động của nhà máy được xác định chủ yếu bằng mức hoạt động nhiệt động của oxy trong chất làm mát.

Khi nồng độ của oxy hòa tan trong chất làm mát (chì-bismut, chì) giảm xuống dưới giá trị giới hạn, sự bảo vệ ăn mòn đáng tin cậy của thép kết cấu không được đáp ứng.

Mặt khác, lượng oxy đáng kể trong chất làm mát có thể gây ra ảnh hưởng vì nó có thể dẫn đến sự tích tụ không chấp nhận được của oxit pha rắn trong chất làm mát.

Tất cả điều này đòi hỏi giám sát liên tục để duy trì các hoạt động nhiệt động của oxy trong chất làm mát trong tất cả phương thức hoạt động thiết kế.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Nhà máy điện hạt nhân đã biết bao gồm lò phản ứng hạt nhân có chất làm mát kim loại lỏng, với lõi dưới mức chất làm mát, máy phát điện hơi nước, bơm tuần hoàn và hệ thống của trạng thái chất làm mát kim loại lỏng giám sát bằng phương pháp thường xuyên của hoạt động nhiệt động của oxy với bộ phận điều khiển đơn ngâm trong chất làm mát và nối với bộ phận đo trong ống. [P.N. Martynov, R.Sh. Askhadullin, A.A. Simakov et al. Development of an Automated System of Monitoring, Forecasting and Control of the State of the Lead-Bismuth (Lead) Coolant and Surfaces of the Nuclear Power Plant Circuit, proceedings of the third interdisciplinary scientific and practical conference “Heavy Liquid Metal Coolants in Nuclear Technologies.” Obninsk. September 15-19, 2008, 2 volumes. Obninsk: RF SSC-IPPE, 2010. V. 1. PP. 128-136]).

Tuy nhiên, những phát hiện này không phải lúc nào cũng khách quan, vì chúng không cung cấp giá trị đúng của hoạt động nhiệt động oxy ở các phần khác nhau của mạch dưới điều kiện xử lý khác nhau, dẫn đến tạo xỉ và kết tinh pha oxit trong phần “lạnh” của phần mạch của nhà máy hạt nhân, và phá hủy lớp phủ oxit bảo vệ trên bề mặt trong của vật liệu cấu trúc trong phần “nóng”.

Vì vậy, hoạt động an toàn và đáng tin cậy của nhà máy hạt nhân với chất làm mát kim loại lỏng tuần hoàn, là cần thiết để duy trì hoạt động nhiệt động của oxy trong chất làm mát ở mức nhất định, và vì vậy cung cấp khả năng giám sát tin cậy và chính xác của thông số này.

Ngoài ra, thực tế chung là để có được thông tin kịp thời về hoạt động nhiệt động

của oxy như là chức năng của nhiệt độ bằng cách thay đổi phương thức hoạt động của toàn bộ nhà máy hạt nhân (thay đổi điện, tốc độ dòng chảy chất làm mát) là cực kỳ không mong muốn.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế là đảm bảo sự giám sát đáng tin cậy của hoạt động nhiệt động oxy đã thiết lập trong chất làm mát kim loại lỏng và duy trì dưới bất kỳ điều kiện hoạt động thiết kế tương tự nào của nhà máy hạt nhân.

Kết quả kỹ thuật của sáng chế là tăng độ tin cậy của hoạt động lò phản ứng do khả năng để có được thông tin liên tục và đáng tin cậy về quá trình vật lý và hóa học trong chất làm mát kim loại lỏng trong đường dòng chảy của lò phản ứng.

Kết quả trên đạt được bằng cách tạo ra lò phản ứng hạt nhân với chất làm mát kim loại lỏng bao gồm bể chứa với lõi dưới mức chất làm mát, máy phát điện hơi nước, bơm tuần hoàn và hệ thống điều khiển trạng thái chất làm mát kim loại lỏng chứa bộ phận điều khiển đặt trong lò phản ứng và nối với bộ phận đo, trong đó bộ phận điều khiển hệ thống bao gồm thiết bị cảm biến hoạt động nhiệt độ oxy đặt ở giữa và ngoại vi của bình chứa áp lực của lò phản ứng, với bộ phận cảm biến trong lớp chất làm mát kim loại lỏng, và thiết bị cảm biến hoạt động nhiệt độ oxy bổ sung đặt trên mức chất làm mát kim loại lỏng thiết kế để cho phép ngâm định kỳ trong chất làm mát.

Lượng thiết bị cảm biến hoạt động nhiệt độ oxy có thể thay đổi, việc tăng số lượng làm tăng độ chính xác của phép đo. Tuy nhiên, việc lắp đặt liên quan đến khả năng bảo trì yếu của thùng lò phản ứng, do vậy tốt hơn là lắp ít nhất hai thiết bị cảm biến hoạt động nhiệt độ oxy mà bộ phận cảm biến là trong lớp chất làm mát kim loại lỏng. Một trong số đó là phần giữa “nóng” của thùng lò phản ứng ở đó chất làm mát có trong lõi, và thứ hai là một trong phần ngoại vi “lạnh” của thùng.

Thiết bị cảm biến hoạt động nhiệt độ oxy bổ sung đặt trên mức chất làm mát hoạt động không liên tục, nó được trang bị một thiết bị chuyển động thẳng đứng để ngâm bộ phận cảm biến của thiết bị cảm biến này trong lớp chất làm mát.

Tốt hơn là thiết bị cảm biến hoạt động nhiệt độ oxy bổ sung sẽ đặt trên mức chất làm mát trong phần giữa thùng lò phản ứng.

Tốt hơn, chất điện phân ở trạng thái rắn được dùng như là thiết bị cảm biến hoạt

động nhiệt học oxy.

Kết quả của giải pháp kỹ thuật theo sáng chế đạt được bằng cách tạo ra hệ thống điều khiển trạng thái chất làm mát kim loại lỏng của lò phản ứng hạt nhân chứa bộ phận điều khiển đặt trong lò phản ứng nối với bộ phận đó, trong đó bộ phận điều khiển bao gồm thiết bị cảm biến hoạt động nhiệt động oxy đặt ở giữa và ngoại vi của thùng áp lực của lò phản ứng, với bộ phận cảm biến trong lớp chất làm mát kim loại lỏng, và thiết bị cảm biến nhiệt độ oxy bổ sung đặt trên mức chất làm mát kim loại lỏng thiết kế để cho phép ngâm định kỳ trong chất làm mát.

Tốt hơn để lắp ít nhất hai thiết bị cảm biến hoạt động nhiệt động oxy có bộ phận cảm biến là trong lớp chất làm mát kim loại lỏng.

Tốt hơn là thiết bị cảm biến nhiệt độ oxy bổ sung đặt trên mức chất làm mát được trang bị thiết bị chuyển động thẳng đứng.

Tốt hơn thiết bị cảm biến hoạt động nhiệt động oxy bổ sung sẽ được đặt trên mức chất làm mát trong phần giữa của thùng lò phản ứng.

Tốt hơn, chất điện phân ở trạng thái rắn được dùng như là thiết bị cảm biến hoạt động nhiệt động oxy.

Thiết bị cảm biến sẽ hoạt động đáng tin cậy ở điều kiện tác động tích cực của Pb hoặc Pb-Bi nóng chảy ở nhiệt độ 350-650°C, dưới áp suất là 1,5 MPa, sức nhiệt lên đến 100°C/giây, và tốc độ chất làm mát lên đến 1,0 m/giây.

Do vậy, hoạt động của thiết bị cảm biến nhiệt độ oxy được sử dụng trong sáng chế dựa vào phương pháp điện hóa học với tế bào tập trung điện dựa vào chất điện phân oxit rắn. Thiết bị cảm biến như vậy được biết đến và được ứng dụng để xác định nồng độ oxy trong chất khác nhau thuộc lĩnh vực kỹ thuật điện, để giám sát oxy trong khí trong công nghiệp hóa học và tự động; và giám sát oxy trong kim loại nóng chảy trong công nghệ bán dẫn và luyện kim.

Người nộp đơn cũng đề xuất phương pháp giám sát hoạt động nhiệt độ oxy trong lò phản ứng với chất làm mát kim loại lỏng theo điểm 1 bằng thiết bị đo hoạt động nhiệt độ oxy trong chất làm mát và chuyển số ghi đến bộ phận đo, trong đó việc đo được thực hiện liên tục trong phần giữa “nóng” và phần ngoại vi “lạnh” của thùng lò phản ứng và hoạt động nhiệt độ oxy được đo bổ sung trong phần giữa “nóng” của lò

phản ứng trên cơ sở không liên tục.

Do bổ sung hoạt động nhiệt động oxy được thực hiện trong phần giữa của lò phản ứng là 1 hoặc 2 lần trên tháng.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Sáng chế được minh họa bằng hình vẽ, ở đó Fig.1 thể hiện lò phản ứng hạt nhân có hệ thống để điều khiển hoạt động nhiệt động oxy trong chất làm mát kim loại lỏng, và Fig.2 thể hiện sự phụ thuộc của cửa số ghi trên thiết bị cảm biến nhiệt động oxy (OAS) trên nhiệt độ chất làm mát chì-bismut trong nhà máy BM-40A và OK-550.

Mô tả chi tiết sáng chế

Lò phản ứng hạt nhân với chất làm mát kim loại lỏng có thùng 1 với lõi 2 dưới mức chất làm mát, nút bọc 3 có kênh cảm biến 4 được đặt trên lõi. Thùng phản ứng 1 cũng có máy phát điện hơi nước 5 và bơm tuần hoàn 6; khí bảo vệ được đặt ở phần trên.

Hệ thống để điều khiển hoạt động nhiệt động oxy trong chất làm mát bao gồm thiết bị cảm biến hoạt động nhiệt động oxy không đổi 7 được trang bị bộ phận cảm biến 8 đặt trong lớp chất làm mát kim loại lỏng trong phần giữa “nóng” của thùng lò phản ứng 1, trong kênh 4 của nút bọc 3. Thiết bị cảm biến 7 được nối với bộ phận đo chung (bỏ qua trong hình vẽ).

Thiết bị cảm biến hoạt động nhiệt động oxy 9 của hệ thống điều khiển có bộ phận cảm biến 10 đặt trong lớp chất làm mát kim loại lỏng trong phần ngoại vi “lạnh” của thùng phản ứng 1. Thiết bị cảm biến 9 được nối với bộ phận đo chung (bỏ qua trong hình vẽ).

Thiết bị cảm biến hoạt động nhiệt động oxy bổ sung 11 của hệ thống điều khiển được đặt trên mức chất làm mát kim loại lỏng và được thiết kế để cho phép chuyển động đều của bộ phận cảm biến 12 dưới mức chất làm mát sử dụng thiết bị chuyển động thẳng đứng 13 của bất kỳ thiết kế nào phù hợp với mục đích. Thiết bị cảm biến 11 cũng được nối với bộ phận đo chung (bỏ qua trong hình vẽ).

Tần suất đo hoạt động nhiệt động oxy bằng thiết bị cảm biến bổ sung 11 được xác định thực nghiệm trên từng trường hợp cụ thể, và hai lần một tháng ở mức trung bình.

Lò phản ứng hạt nhân với hệ thống điều khiển hoạt động nhiệt học oxy hoạt động

và phương pháp điều khiển được thực hiện như sau:

Chất làm mát nóng chảy được làm nóng trong lõi 3 được cấp dưới áp suất tạo ra bởi bơm 6 đến máy phát điện hơi nước 5 và truyền nhiệt của lõi đến hơi nước. Trong hoạt động của lò phản ứng, giá trị số của hoạt động nhiệt độ oxy trong khu vực “nóng” và “lạnh” của thùng lò phản ứng 1 được xác định sử dụng thiết bị cảm biến nhiệt độ oxy 7 và 9. Việc đo được chuyển đến bộ phận đo đơn. Sau đó sự phụ thuộc nhiệt độ của hoạt động nhiệt độ oxy được xác định và so với giá trị đã lập bảng, cho phép rút ra kết luận về trạng thái của chất làm mát kim loại lỏng ví dụ, về sự có mặt của các tạp chất trong chất làm mát như là kết quả của sự tương tác với thép kết cấu.

Nếu các thông số đo đi chệch khỏi giá trị được thiết lập, nồng độ oxy hòa tan trong chất làm mát được duy trì bằng cách hòa tan oxit thành phần của chất làm mát được cấp sơ bộ vào mạch hoặc tạo ra bởi sự kết tinh từ chất làm mát và tích tụ trong thiết bị lọc.

Vì vậy, việc duy trì sự điều khiển liên tục của hoạt động nhiệt độ đã thiết lập của oxy trong chất làm mát trong tất cả phương thức hoạt động thiết kế được thực hiện.

Như đã nói ở trên, trong quá trình hoạt động của nhà máy, hoạt động nhiệt độ oxy trong chất làm mát phải được trong mức mà, một mặt, lưu giữ màng thụ động oxit trên bề mặt vật liệu cấu trúc, ví dụ khả năng chống ăn mòn, và mặt khác, ngăn xỉ tích trên bề mặt trong của bộ phận mạch lò phản ứng trong tất cả các phần của mạch không đẳng nhiệt.

Trong quá trình hoạt động lò phản ứng hạt nhân trong thời gian dài với mạch tuần hoàn có chất làm mát kim loại lỏng, oxy hòa tan trong chất làm mát được tiêu thụ liên tiếp để liên kết của thành phần vật liệu cấu trúc khuếch tán vào sự nóng chảy (sắt, crôm) có biến đổi oxy lớn hơn so với thành phần chất làm mát.

Điều này có thể dẫn đến giảm nồng độ oxy hoà tan với giá trị khi lớp phủ oxit bảo vệ bắt đầu giảm, có nghĩa là ăn mòn gia tăng nhanh. Do vậy, một trong những thông số quan trọng nhất mô tả chất lượng của hoạt động của mạch tuần hoàn với chất làm mát kim loại chỉ nên chỉ là hoạt động nhiệt độ của oxy hòa tan trong sự nóng chảy được theo dõi liên tục.

Theo sáng chế này, trong trường hợp thất bại hoặc nghi ngờ thất bại của thiết bị cảm biến cố định, tiến hành đo bằng thiết bị cảm biến hoạt động nhiệt độ oxy 11 (vời

chức năng giám sát và chức năng dự trữ). Việc đo được tiến hành ngắt quãng, ví dụ, 1 đến 2 lần trên tháng, để so sánh với số ghi của thiết bị cảm biến 7 và 9, hoặc có thể đo hoạt động nhiệt độ oxy khi lỗi.

Vì vậy, khả năng đáng tin cậy của hoạt động lò phản ứng hạt nhân tăng và sự chính xác của thông tin thu được về xử lý vật lý và hóa học trong dòng chảy tăng. Việc lắp thiết bị cảm biến hoạt động nhiệt độ oxy cố định trong phần “nóng” và “lạnh” của thùng áp suất lò phản ứng và khả năng có sẵn của thiết bị cảm biến hoạt động nhiệt độ oxy bổ sung của hoạt động liên tục cũng cho phép thu được dữ liệu theo thời gian thực mà không có thực hành chung của phương thức hoạt động lò phản ứng thay đổi.

Ứng dụng của sáng chế này cho phép kéo dài tuổi thọ của mạch tuần hoàn thép của lò phản ứng hạt nhân có chất làm mát kim loại lỏng, loại bỏ xỉ tích tụ và nâng cao hiệu quả của bộ phận của thiết bị lọc ứng dụng trong mạch.

Các biểu đồ minh họa sự phụ thuộc của số ghi của thiết bị cảm biến hoạt động nhiệt độ oxy (OAS) về nhiệt độ của chất làm mát chì-bismut trên Fig.2 chứng minh số ghi cụ thể của thiết bị cảm biến của hoạt động nhiệt độ oxy trong mạch tuần hoàn chì-bismut của nhà máy hạt nhân khác nhau như minh họa trong bản mô tả sáng chế.

Yêu cầu bảo hộ

1. Lò phản ứng hạt nhân có chất làm mát kim loại lỏng bao gồm thùng có lõi dưới mức chất làm mát, máy phát điện hơi nước, bơm tuần hoàn và hệ thống giám sát trạng thái chất làm mát kim loại lỏng chứa bộ phận điều khiển đặt trong lò phản ứng và nối với bộ phận đo, trong đó bộ phận điều khiển hệ thống bao gồm thiết bị cảm biến hoạt động nhiệt độ đặt ở giữa và ngoại vi thùng áp lực của lò phản ứng, với bộ phận cảm biến trong lớp chất làm mát kim loại lỏng, và thiết bị cảm biến hoạt động nhiệt độ oxy bổ sung đặt trên mức chất làm mát kim loại lỏng thiết kế để cho phép ngâm định kỳ trong chất làm mát.
2. Lò phản ứng theo điểm 1, trong đó ít nhất hai thiết bị cảm biến nhiệt độ oxy có bộ phận cảm biến là trong lớp chất làm mát kim loại lỏng được lắp đặt.
3. Lò phản ứng theo điểm 1, trong đó thiết bị cảm biến nhiệt độ oxy bổ sung đặt trên mức chất làm mát được trang bị thiết bị chuyển động thẳng đứng.
4. Lò phản ứng theo điểm 1, trong đó thiết bị cảm biến nhiệt độ oxy bổ sung được đặt trong phần giữa của thùng lò phản ứng.
5. Lò phản ứng theo điểm 1, trong đó chất điện phân ở trạng thái rắn được dùng như là thiết bị cảm biến hoạt động nhiệt độ oxy.
6. Hệ thống giám sát trạng thái chất làm mát kim loại lỏng của lò phản ứng bao gồm bộ phận điều khiển đặt trong lò phản ứng nối với bộ phận đo, trong đó bộ phận điều khiển bao gồm thiết bị cảm biến hoạt động nhiệt độ oxy ở giữa và ngoại vi của thùng áp suất của lò phản ứng, bộ phận cảm biến đặt trong lớp chất làm mát kim loại lỏng, và thiết bị cảm biến hoạt động nhiệt độ oxy bổ sung đặt trên lớp chất làm mát kim loại lỏng thiết kế để cho phép ngâm định kỳ vào chất làm mát.
7. Hệ thống theo điểm 1, trong đó ít nhất hai thiết bị cảm biến hoạt động nhiệt độ oxy có bộ phận cảm biến là trong lớp chất làm mát kim loại lỏng được lắp đặt.
8. Hệ thống theo điểm 1 trong đó thiết bị cảm biến nhiệt độ oxy bổ sung đặt trên mức chất làm mát được trang bị thiết bị chuyển động thẳng đứng.
9. Hệ thống theo điểm 1, trong đó thiết bị cảm biến nhiệt độ oxy bổ sung được đặt trong phần giữa của thùng lò phản ứng.
10. Hệ thống theo điểm 1, trong đó chất điện phân ở trạng thái rắn được sử dụng như là

thiết bị cảm biến hoạt động nhiệt độ oxy.

11. Phương pháp giám sát hoạt động nhiệt độ oxy trong lò phản ứng hạt nhân có chất làm mát kim loại lỏng theo điểm 1 bằng phương tiện đo của hoạt động nhiệt độ oxy trong chất làm mát và chuyển số ghi đến bộ phận đo, trong đó việc đo được thực hiện liên tục trong phần giữa “nóng” và phần ngoại vi “lạnh” của thùng lò phản ứng và hoạt động nhiệt độ oxy được đo bổ sung trong phần giữa “nóng” của lò phản ứng trên cơ sở không liên tục.

12. Phương pháp giám sát theo điểm 11, trong đó việc đo bổ sung hoạt động nhiệt độ oxy được thực hiện ở phần giữa của lò phản ứng 1 hoặc 2 lần trên tháng.

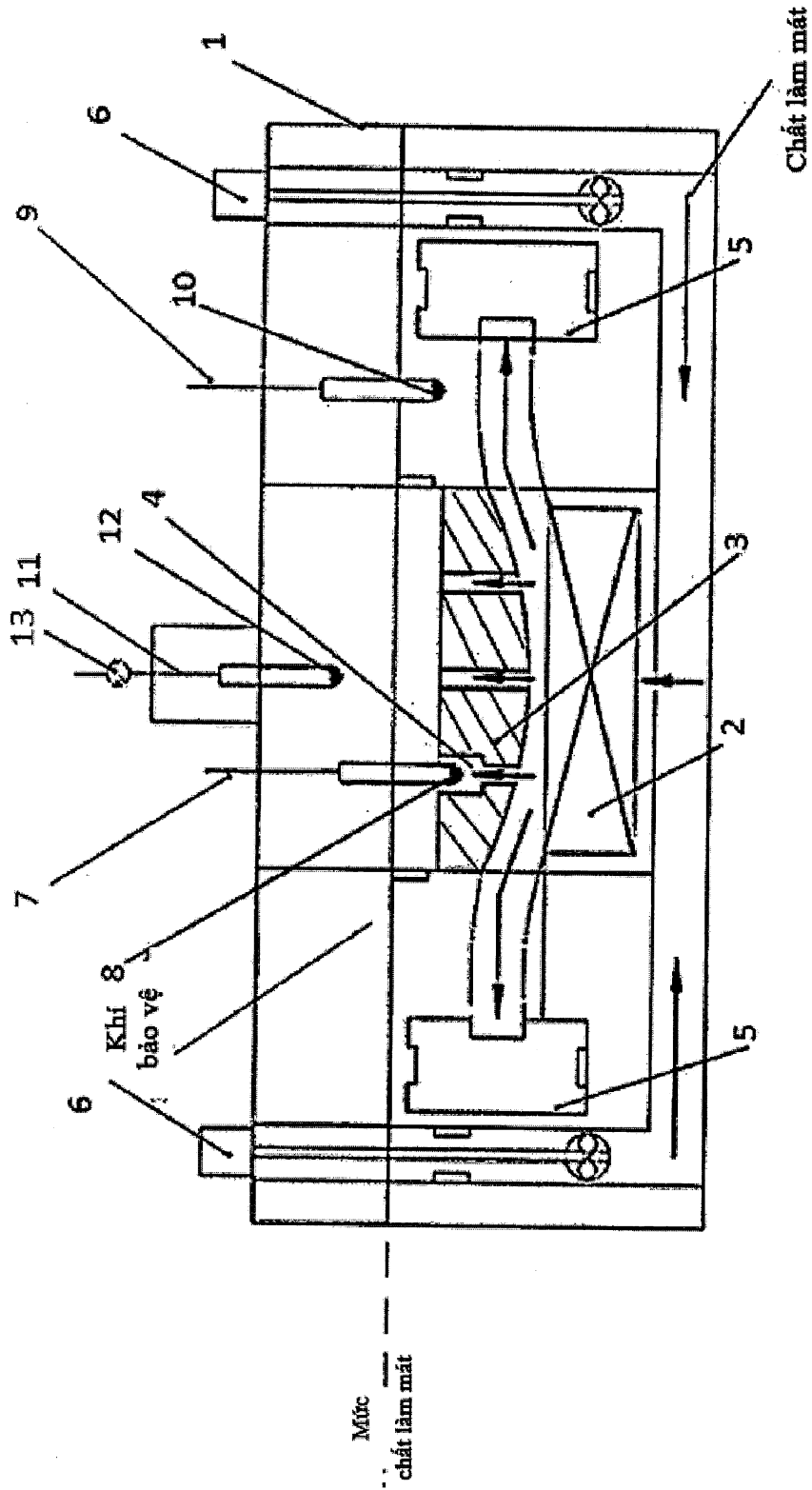


Fig. 1

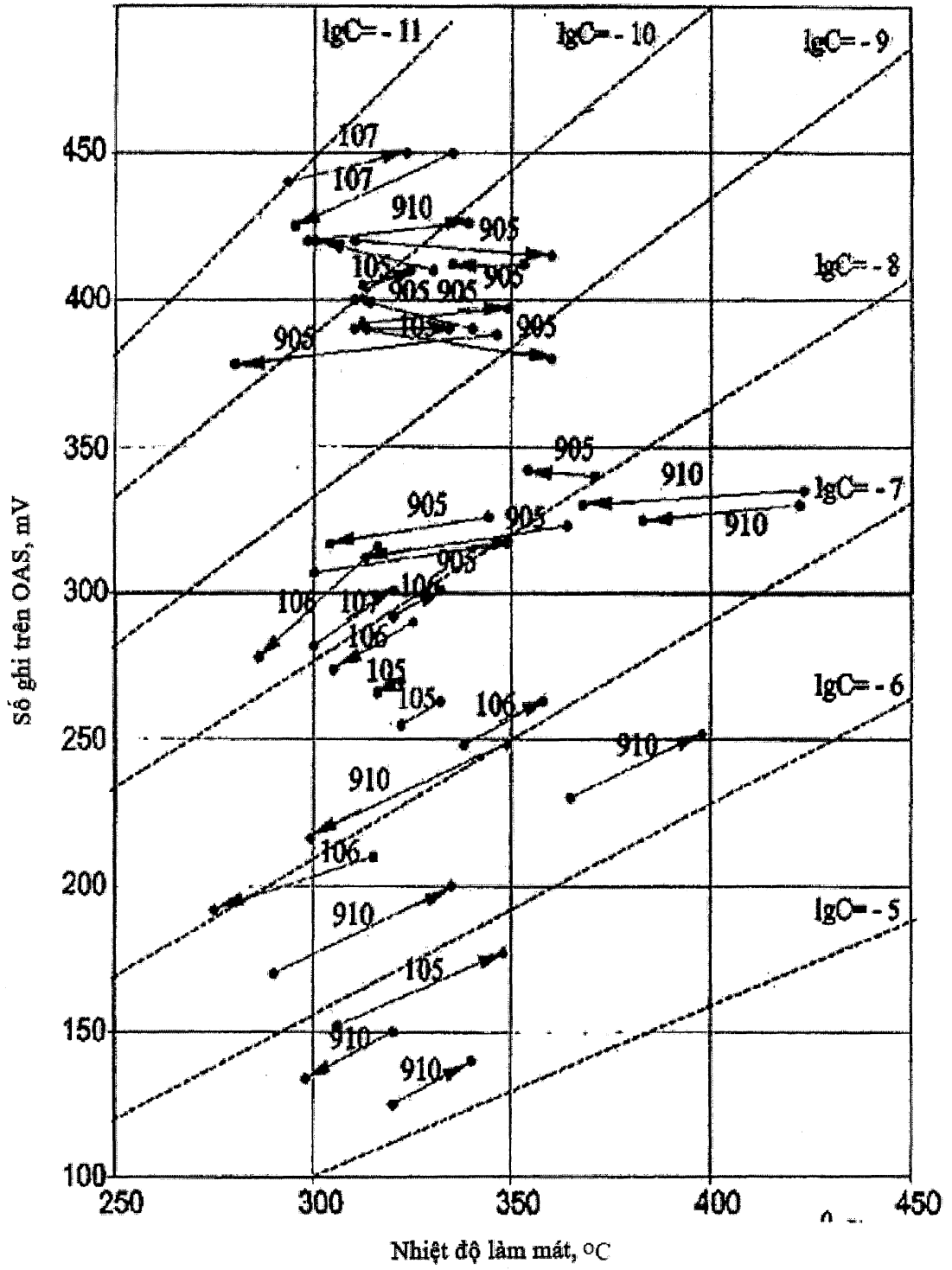


Fig. 2