



(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)



1-0035008

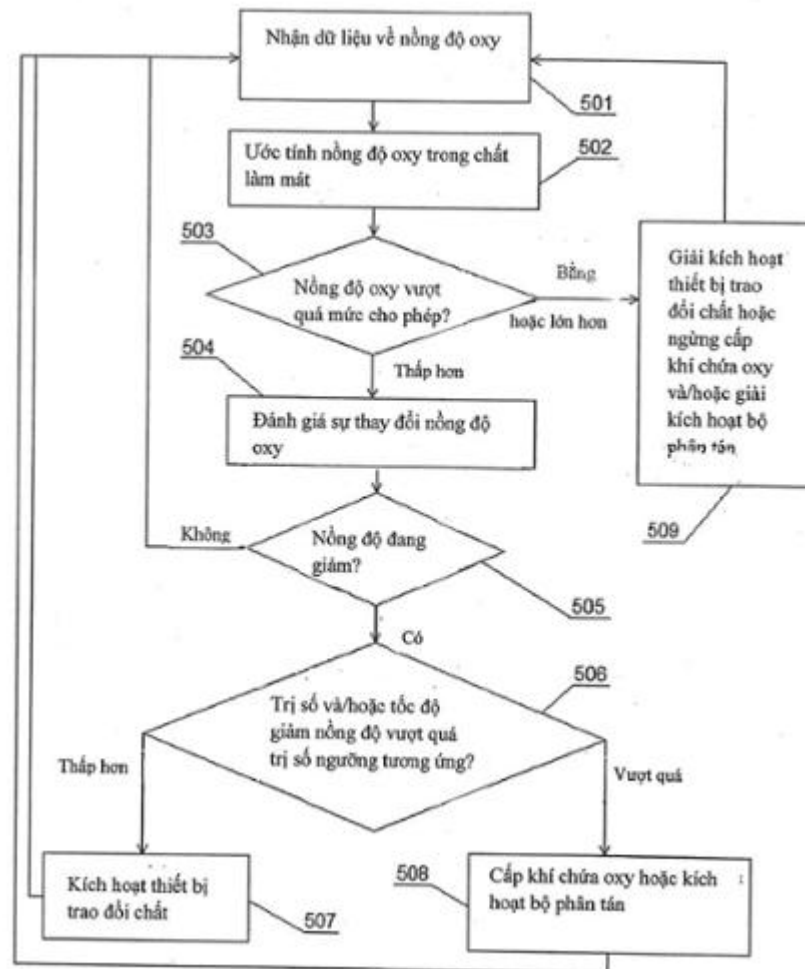
(51)⁷ G21C 17/025

(13) B

-
- (21) 1-2016-04851 (22) 11/06/2015
(86) PCT/RU2015/000364 11/06/2015 (87) WO2015/190952 17/12/2015
(30) 2014123858 11/06/2014 RU
(45) 27/03/2023 420 (43) 25/04/2017 349A
(73) JOINT STOCK COMPANY "AKME-ENGINEERING" (RU)
ul. Pyatnitskaya, 13, str.1, Moscow, 115035, Russia
(72) MARTYNOV, Petr Nikiforovich (RU); IVANOV, Konstantin Dmitrievich (RU);
ASKHADULLIN, Radomir Shamilievich (RU); STOROZHENKO, Aleksey
Nikolaevich (RU); SIMAKOV, Andrey Alekseevich (RU); LEGKIH, Aleksandr
Urievich (RU).
(74) Công ty Luật TNHH Phạm và Liên danh (PHAM & ASSOCIATES)
-

(54) PHƯƠNG PHÁP VÀ THIẾT BỊ ĐIỀU KHIỂN NỒNG ĐỘ OXY TRONG THIẾT BỊ
LÒ PHẢN ỨNG VÀ THIẾT BỊ LÒ PHẢN ỨNG HẠT NHÂN

(57) Sáng chế đề xuất phương pháp và hệ thống điều khiển nồng độ oxy trong chất làm mát của thiết bị lò phản ứng bao gồm lò phản ứng, chất làm mát trong lò phản ứng, hệ thống khí, thiết bị trao đổi chất, bộ phân tán và cảm biến nồng độ oxy trong chất làm mát. Phương pháp này bao gồm các bước được thực hiện bởi hệ thống: ước tính nồng độ oxy; so sánh nồng độ oxy này với trị số cho phép; nếu nồng độ oxy này bị suy giảm thì so sánh trị số và/hoặc tốc độ suy giảm với trị số ngưỡng tương ứng; nếu trị số và/hoặc tốc độ suy giảm của nồng độ oxy thấp hơn trị số ngưỡng thì kích hoạt thiết bị trao đổi chất; nếu trị số và/hoặc tốc độ suy giảm của nồng độ oxy cao hơn trị số ngưỡng tương ứng thì cấp khí chứa oxy từ hệ thống khí vào khoảng không gần chất làm mát và/hoặc kích hoạt bộ phân tán. Hiệu quả kỹ thuật của sáng chế là nâng cao khả năng điều khiển nồng độ oxy trong chất làm mát, tăng thêm mức độ an toàn và kéo dài tuổi thọ của thiết bị lò phản ứng.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế liên quan tới công nghiệp năng lượng nguyên tử và thiết bị lò phản ứng hạt nhân, và cụ thể hơn tới thiết bị lò phản ứng hạt nhân với chất làm mát bằng kim loại lỏng. Đồng thời, sáng chế cũng có thể được áp dụng cho các thiết bị lò phản ứng phi hạt nhân khác nhau.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Một vấn đề cơ bản của các thiết bị lò phản ứng hạt nhân với chất làm mát bằng kim loại lỏng là sự ăn mòn các vật liệu kết cấu của lò phản ứng. Để ngăn chặn sự ăn mòn này, kỹ thuật tạo ra các lớp phủ oxit bảo vệ được sử dụng. Tính chống ăn mòn của các vật liệu kết cấu của lò phản ứng, ví dụ, thép, phụ thuộc vào sự toàn vẹn của các lớp phủ này.

Cần lưu ý rằng vấn đề nêu trên có thể nảy sinh cả trong các thiết bị lò phản ứng hạt nhân với chất làm mát không phải kim loại lỏng lẫn trong các thiết bị lò phản ứng phi hạt nhân. Mặc dầu sáng chế được mô tả đối với các thiết bị lò phản ứng hạt nhân với chất làm mát bằng kim loại lỏng, nhưng giải pháp theo sáng chế có thể được áp dụng trong cả các thiết bị lò phản ứng hạt nhân với chất làm mát không phải kim loại lỏng lẫn trong các thiết bị lò phản ứng phi hạt nhân.

Oxy thường được sử dụng để tạo ra lớp phủ oxit. Khi thiết bị lò phản ứng hoạt động, các thành phần của vật liệu kết cấu, như sắt, crom và các chất khác, sẽ khuếch tán vào chất làm mát. Do các thành phần của vật liệu kết cấu nêu trên có ái lực hóa học cao hơn với các chất oxy hóa, ví dụ, oxy, nên sự tăng nồng độ của sắt, crom và các thành phần khác của vật liệu kết cấu trong chất làm mát sẽ gây ra sự suy giảm nồng độ của các chất oxy hóa, như oxy. Điều này có thể dẫn tới sự hòa tan lớp phủ oxit bảo vệ, làm tăng tốc độ ăn mòn một cách đáng kể. Do đó, để làm giảm tốc độ ăn mòn tới mức tối thiểu nhằm bảo đảm quá trình vận hành lâu dài của thiết bị lò phản ứng trong chế độ an toàn, thì cần phải cung cấp chất oxy hóa vào chất làm mát để tăng nồng độ chất này tới mức sao cho lớp phủ oxit bảo vệ không

bị hòa tan trong chất làm mát. Về phương diện này, oxy là chất oxy hóa khá phù hợp vì chất này có thể được cấp vào chất làm mát dưới dạng chất khí hoặc các oxit của các vật liệu khác nhau, ví dụ, loại vật liệu tạo ra chất làm mát.

Vì những lý do nêu trên, việc điều khiển và duy trì nồng độ cần thiết của chất oxy hóa trong chất làm mát là quan trọng, cụ thể là nồng độ của oxy, sao cho các lớp phủ oxit bảo vệ trên bề mặt bên trong của lò phản ứng tiếp xúc với chất làm mát không bị hòa tan trong chất làm mát, nhờ đó ngăn chặn sự ăn mòn các vật liệu của lò phản ứng. Do oxy liên tục được tiêu thụ để oxy hóa sắt, crom và các thành phần khác của các vật liệu kết cấu khuếch tán vào chất làm mát, nên để duy trì nồng độ của oxy trong khoảng được quy định nhằm bảo đảm tốc độ ăn mòn tối thiểu đối với các vật liệu của lò phản ứng, thì oxy sẽ được cấp vào chất làm mát, ví dụ, khi đạt tới giới hạn dưới của khoảng được quy định hoặc khi nồng độ oxy giảm thấp hơn ngưỡng chấp nhận được.

Patent RU2100480 (cấp ngày 27/12/1997) bộc lộ các phương pháp làm tăng nồng độ oxy trong chất làm mát khi phun oxy trộn lẫn với khí trơ vào khí bảo vệ bên trên bề mặt chất làm mát hoặc trực tiếp vào chất làm mát, cũng như hòa tan các oxit thành phần của chất làm mát vào trong chất làm mát.

Tuy nhiên, các phương pháp được bộc lộ trong patent nêu trên có các nhược điểm như không thể điều khiển việc phun oxy vào chất làm mát (làm tăng nồng độ oxy trong chất làm mát), cụ thể là: bắt đầu/kết thúc việc cấp oxy và hòa tan các oxit của chất làm mát, tốc độ đo nồng độ oxy trong chất làm mát, nghĩa là thể tích oxy được cấp và các oxit của chất làm mát hòa tan. Ngoài ra, khi cấp oxy trộn lẫn với khí trơ vào thể tích khí bảo vệ bên trên bề mặt chất làm mát, thì tốc độ khuếch tán oxy vào chất làm mát là tương đối thấp, và nguy cơ tạo ra lớp màng oxit (lớp vỏ) trên bề mặt chất làm mát sẽ tăng lên cùng với sự tăng lên của thành phần oxy trộn lẫn với khí trơ.

Patent RU2246561 (cấp ngày 20/2/2005) bộc lộ phương pháp và thiết bị hòa tan có điều khiển các oxit của chất làm mát trong chất làm mát, nhưng không có bất kỳ dữ liệu nào về khả năng điều khiển việc phun oxy vào chất làm mát dưới dạng chất khí. Việc giám sát và điều khiển nồng độ oxy trong chất làm mát kim loại lỏng của lò phản ứng hạt nhân bởi bộ phân tán là đã biết, chẳng hạn từ RU 2003121666.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế là đề xuất phương pháp và thiết bị điều khiển nồng độ oxy trong thiết bị lò phản ứng, và cụ thể hơn, trong chất làm mát của thiết bị lò phản ứng hạt nhân, được cấp dưới dạng chất khí. Hơn nữa, mục đích của sáng chế là bảo đảm việc chuẩn bị và vận hành có hiệu quả và an toàn của thiết bị lò phản ứng hạt nhân trong các chế độ khác nhau, như chế độ thụ động của các vật liệu kết cấu của lò phản ứng, chế độ vận hành bình thường, chế độ bất thường khi các lớp phủ oxit bảo vệ bị phá hủy và các chế độ khác. Vì những lý do nêu trên, các mục đích khác của sáng chế là chuyển đổi giữa các phương pháp điều khiển (làm tăng) nồng độ oxy trong chất làm mát, nâng cao tính an toàn của thiết bị dùng để điều khiển nồng độ oxy và đề xuất hệ thống điều khiển thiết bị nhằm bảo đảm việc chuẩn bị và vận hành an toàn thiết bị lò phản ứng hạt nhân trong tất cả các chế độ.

Mục đích của sáng chế đạt được bằng cách sử dụng phương pháp điều khiển nồng độ oxy trong chất làm mát của thiết bị lò phản ứng, bao gồm lò phản ứng, chất làm mát được bố trí trong lò phản ứng, hệ thống khí có đầu ra vào khoảng không gần chất làm mát của lò phản ứng, thiết bị trao đổi chất được lắp trong chất làm mát để giữ các oxit của chất làm mát trong pha rắn và được làm thích ứng với dòng chảy của chất làm mát qua đó, bộ phân tán được lắp một phần trong chất làm mát và một phần trong khoảng không gần chất làm mát và được làm thích ứng với việc cấp khí từ khoảng không gần chất làm mát vào chất làm mát, và cảm biến nồng độ oxy trong chất làm mát.

Phương pháp này bao gồm các bước: ước tính nồng độ oxy trong chất làm mát dựa trên dữ liệu thu được từ bộ cảm biến nồng độ oxy trong chất làm mát; so sánh trị số ước tính của nồng độ oxy với trị số cho phép; nếu sự thay đổi theo ước tính về nồng độ oxy trong chất làm mát cho thấy sự suy giảm nồng độ, thì so sánh trị số và/hoặc tốc độ suy giảm với trị số ngưỡng tương ứng; nếu trị số ước tính của nồng độ oxy trong chất làm mát thấp hơn trị số cho phép và trị số và/hoặc tốc độ suy giảm theo ước tính của nồng độ oxy thấp hơn trị số ngưỡng tương ứng, thì kích hoạt thiết bị trao đổi chất; nếu trị số ước tính của nồng độ oxy trong chất làm mát thấp hơn trị số cho phép và trị số và/hoặc tốc độ suy giảm theo ước tính của nồng độ oxy cao hơn trị số ngưỡng tương ứng, thì cấp khí chứa oxy từ hệ thống vào

khoảng không gần chất làm mát và/hoặc kích hoạt bộ phân tán.

Nếu sau khi kích hoạt thiết bị trao đổi chất hoặc cấp khí chứa oxy, và kích hoạt bộ phân tán mà nồng độ theo ước tính của oxy trong chất làm mát đạt tới hoặc vượt quá trị số cho phép, thì phương án ưu tiên của phương pháp theo sáng chế đề xuất giải kích hoạt thiết bị trao đổi chất hoặc bộ phân tán và/hoặc dừng việc cấp khí chứa oxy vào khoảng không gần chất làm mát từ hệ thống khí. Hơn nữa, ngoài việc dừng cấp khí chứa oxy từ hệ thống khí vào khoảng không gần chất làm mát thì khí không chứa oxy có thể được cấp từ hệ thống khí vào khoảng không gần chất làm mát.

Mục đích của sáng chế cũng đạt được bằng cách sử dụng hệ thống điều khiển nồng độ oxy trong chất làm mát của thiết bị lò phản ứng bao gồm lò phản ứng, chất làm mát được bố trí trong lò phản ứng, hệ thống khí có đầu ra vào khoảng không gần chất làm mát của lò phản ứng, thiết bị trao đổi chất được lắp trong chất làm mát để chứa các oxit pha rắn của chất làm mát và được làm thích ứng với dòng chảy của chất làm mát qua nó, bộ phân tán được lắp một phần trong chất làm mát và một phần trong khoảng không gần chất làm mát và được làm thích ứng để cấp khí từ khoảng không gần chất làm mát vào chất làm mát, và bộ cảm biến nồng độ oxy trong chất làm mát.

Hệ thống điều khiển bao gồm: mô đun ước tính nồng độ oxy trong chất làm mát được thiết kế để nhận dữ liệu từ bộ cảm biến nồng độ oxy trong chất làm mát, để ước tính nồng độ oxy dựa trên dữ liệu nhận được về nồng độ oxy trong chất làm mát và truyền trị số ước tính tới mô đun so sánh trị số ước tính của nồng độ oxy trong chất làm mát với trị số cho phép; mô đun so sánh trị số ước tính của nồng độ oxy trong chất làm mát với trị số cho phép được làm thích ứng để thu được các trị số ước tính của nồng độ oxy trong chất làm mát từ mô đun ước tính nồng độ oxy và so sánh chúng với trị số cho phép; mô đun ước tính mức độ suy giảm nồng độ oxy trong chất làm mát được làm thích ứng để ước tính trị số và/hoặc tốc độ suy giảm của nồng độ oxy trong chất làm mát cũng như để truyền trị số và/hoặc tốc độ suy giảm theo ước tính của nồng độ oxy trong chất làm mát tới mô đun so sánh mức độ suy giảm theo ước tính của nồng độ oxy trong chất làm mát; mô đun so sánh mức độ suy giảm theo ước tính của nồng độ oxy trong chất làm mát được làm thích ứng

để nhận trị số và/hoặc tốc độ suy giảm theo ước tính của nồng độ oxy trong chất làm mát và so sánh các trị số này với trị số ngưỡng tương ứng; mô đun điều khiển thiết bị trao đổi chất được tạo cấu hình để kích hoạt thiết bị trao đổi chất khi nồng độ oxy theo ước tính trong chất làm mát thấp hơn trị số cho phép và trị số và/hoặc tốc độ thay đổi theo ước tính của nồng độ oxy thấp hơn trị số ngưỡng tương ứng; mô đun điều khiển hệ thống chất khí và/hoặc bộ phân tán được tạo cấu hình để kích hoạt hệ thống khí với việc cấp khí chứa oxy vào khoảng không gần chất làm mát và/hoặc kích hoạt bộ phân tán khi nồng độ oxy theo ước tính trong chất làm mát thấp hơn trị số cho phép và trị số và/hoặc tốc độ thay đổi theo ước tính của nồng độ oxy cao hơn trị số ngưỡng tương ứng.

Theo một phương án của sáng chế, mô đun ước tính mức độ suy giảm nồng độ oxy trong chất làm mát có thể được tạo cấu hình để ước tính trị số và/hoặc tốc độ suy giảm của nồng độ oxy trong chất làm mát dựa trên nồng độ oxy theo ước tính trong chất làm mát nhận được từ mô đun ước tính nồng độ oxy trong chất làm mát. Ngoài ra, theo một số phương án, mô đun so sánh trị số ước tính của mức độ suy giảm nồng độ oxy trong chất làm mát có thể được làm thích ứng để xác định mức độ suy giảm nồng độ oxy trong chất làm mát và truyền thông tin này tới mô đun so sánh trị số ước tính của mức độ suy giảm nồng độ oxy trong chất làm mát và/hoặc tới mô đun điều khiển thiết bị trao đổi chất và mô đun điều khiển hệ thống khí và/hoặc bộ phân tán.

Theo một phương án ưu tiên, mô đun điều khiển thiết bị trao đổi chất được làm thích ứng để giải kích hoạt thiết bị trao đổi chất và mô đun điều khiển hệ thống khí và bộ phân tán và/hoặc mô đun dừng việc cấp khí chứa oxy từ hệ thống khí vào khoảng không gần chất làm mát, nếu trị số ước tính của nồng độ oxy trong chất làm mát bằng hoặc vượt quá trị số cho phép. Ngoài ra, mô đun điều khiển hệ thống chất khí và bộ phân tán có thể được làm thích ứng để cấp khí không chứa oxy từ hệ thống khí vào khoảng không gần chất làm mát.

Mục đích của sáng chế cũng có thể đạt được bằng cách sử dụng thiết bị lò phản ứng hạt nhân bao gồm: lò phản ứng, chất làm mát được bố trí trong lò phản ứng, hệ thống khí có đầu ra vào khoảng không gần chất làm mát của lò phản ứng, thiết bị trao đổi chất được lắp trong chất làm mát để chứa các oxit pha rắn của chất

làm mát và được làm thích ứng với dòng chảy của chất làm mát qua nó, bộ phân tán được lắp một phần trong chất làm mát và một phần trong khoảng không gần chất làm mát và được làm thích ứng để cấp khí từ khoảng không gần chất làm mát vào chất làm mát, và bộ cảm biến nồng độ oxy trong chất làm mát. Thiết bị lò phản ứng này được làm thích ứng để điều khiển nồng độ hydro trong chất làm mát theo phương pháp hoặc hệ thống theo phương án bất kỳ nêu trên.

Sáng chế cho phép đạt được kết quả kỹ thuật là đề xuất phương pháp và thiết bị điều khiển nồng độ oxy trong thiết bị lò phản ứng, cụ thể là, trong chất làm mát của thiết bị lò phản ứng hạt nhân, được cấp dưới dạng chất khí. Ngoài ra, sáng chế còn cho phép đạt được kết quả kỹ thuật là đề xuất việc chuẩn bị và vận hành hiệu quả và an toàn thiết bị lò phản ứng hạt nhân trong các chế độ khác nhau, chẳng hạn chế độ thụ động của các vật liệu kết cấu của lò phản ứng, chế độ vận hành bình thường, chế độ bất thường trong khi các lớp phủ oxit bảo vệ bị phá hủy và các chế độ khác. Ngoài những điều đã nêu trên, đã đạt được các kết quả kỹ thuật sau đây: chuyển đổi giữa các phương pháp điều khiển (làm tăng) nồng độ oxy trong chất làm mát; nâng cao tính an toàn, độ tin cậy và kéo dài tuổi thọ của thiết bị được sử dụng để điều khiển nồng độ oxy, và đề xuất hệ thống điều khiển thiết bị bảo đảm việc chuẩn bị và vận hành an toàn thiết bị lò phản ứng hạt nhân trong tất cả các chế độ.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig. 1 là hình vẽ thể hiện sơ đồ của thiết bị lò phản ứng theo sáng chế.

Fig. 2 là hình vẽ thể hiện thiết bị trao đổi chất theo một phương án của sáng chế.

Fig. 3 là hình vẽ thể hiện bộ phân tán theo một phương án của một phương án của sáng chế.

Fig. 4 là hình vẽ thể hiện bộ cảm biến nồng độ oxy trong chất làm mát theo một phương án của sáng chế.

Fig. 5 là hình vẽ thể hiện sơ đồ khối của phương pháp điều khiển nồng độ oxy trong chất làm mát theo sáng chế.

Fig. 6 là hình vẽ thể hiện sơ đồ kết cấu của thiết bị điều khiển

nồng độ oxy trong chất làm mát theo một trong số các phương án của sáng chế.

Fig. 7 là hình vẽ thể hiện sơ đồ kết cấu của thiết bị điều khiển nồng độ oxy trong chất làm mát theo phương án khác của sáng chế.

Mô tả chi tiết sáng chế

Sáng chế được áp dụng cho thiết bị lò phản ứng (ví dụ, thiết bị lò phản ứng hạt nhân) bao gồm, như được thể hiện trên Fig. 1, lò phản ứng 101, chất làm mát 104, hệ thống khí 108, thiết bị trao đổi chất 114, bộ phân tán 112 và bộ cảm biến nồng độ oxy 110, trong chất làm mát 104.

Lò phản ứng 101 là bể chứa có các thành 102 được làm từ các vật liệu có độ bền phù hợp về mặt cơ khí, nhiệt, phóng xạ và các dạng khác, cần thiết để vận hành an toàn thiết bị lò phản ứng, như thép. Việc vận hành an toàn thiết bị lò phản ứng là đặc biệt quan trọng vì lõi lò phản ứng 103 chứa các vật liệu phóng xạ vốn giải phóng năng lượng trong khi phân hạch phóng xạ. Một phần nhất định của năng lượng này dưới dạng nhiệt được chuyển vào chất làm mát 104 được bố trí trong lò phản ứng và tiếp xúc với lõi (tức là các vật liệu phóng xạ được bố trí trong chất làm mát), và tiếp theo được chuyển tới bộ trao đổi nhiệt 107 trong đó năng lượng nhiệt được chuyển tới các vật liệu khác (ví dụ, nước, hơi và các vật liệu hấp thụ nhiệt khác), ở một khoảng cách tới nguồn phóng xạ. Theo một số phương án của sáng chế, bộ trao đổi nhiệt có thể là nồi hơi được thiết kế để sinh hơi có thể được sử dụng để gia nhiệt các môi trường khác hoặc để dẫn động tuabin. Sau bộ trao đổi nhiệt 107, năng lượng nhiệt được chuyển qua hệ thống dẫn ra bên ngoài lò phản ứng mà không có nguy cơ ô nhiễm phóng xạ, do đó nguy cơ này tập trung bên trong lò phản ứng. Về mặt này, do các hậu quả không mong muốn nặng nề và lâu dài của sự ô nhiễm phóng xạ đối với môi trường xung quanh nên sự quan tâm đặc biệt được dành cho độ bền và sự vận hành an toàn của lò phản ứng. Tốt hơn là tuần hoàn chất làm mát trong lò phản ứng 101, trong mạch bao gồm lõi và bộ trao đổi nhiệt, để truyền nhiệt một cách hiệu quả và lâu dài từ lõi 103 tới bộ trao đổi nhiệt 107 của lò phản ứng. Các bơm có thể được sử dụng để tuần hoàn (không được thể hiện trên Fig.1).

Một trong các yếu tố quan trọng để duy trì độ bền của lò phản ứng theo thời

gian là việc ngăn chặn hoặc giảm thấp sự ăn mòn các vật liệu kết cấu của các thành lò phản ứng 102, các chi tiết gia cố, các phụ kiện, các chi tiết chịu lực và các chi tiết khác của chúng tới ngưỡng chấp nhận được. Yếu tố nêu trên cũng sẽ được xem xét khi chất làm mát từ các kim loại lỏng như natri, lithi, chì, bismut và v.v. được sử dụng để làm chất làm mát 104. Các kim loại nặng (chì, bismut) có ưu điểm so với các kim loại nhẹ vì chúng có độ an toàn cao, nhất là khi tính đến nguy cơ hỏa hoạn thấp.

Ngoài ra, các chất làm mát bằng các kim loại nặng có ưu điểm là sự ổn định của các đặc tính của chúng khi bị gặp nước. Tất nhiên là các đặc tính lý hóa của chất làm mát này sẽ thay đổi khi gặp nước, nhưng sự thay đổi này sẽ không đáng kể và vẫn cho phép tiếp tục vận hành. Điều này sẽ hữu ích để nâng cao độ an toàn của thiết bị lò phản ứng đối với các sự cố hoặc rò rỉ tiềm năng của thiết bị ở những nơi mà nước hiện diện hoặc chảy dưới dạng lỏng hoặc dưới dạng hơi, ví dụ, trong bộ trao đổi nhiệt hoặc nồi hơi. Thậm chí nếu bộ trao đổi nhiệt hoặc nồi hơi gặp lỗi (bị rò rỉ), thì thiết bị lò phản ứng vẫn có thể được vận hành trước khi sửa chữa hoặc thay thế thiết bị lỗi (rò rỉ), vì chất làm mát bằng kim loại nặng cho phép chế độ vận hành như vậy do các đặc tính lý hóa của chúng ít (không đáng kể) phụ thuộc vào việc phun chất lỏng hoặc hơi nước.

Để giảm bớt hiệu ứng ăn mòn đối với các vật liệu kết cấu của lò phản ứng, thì việc tạo ra các lớp phủ oxit trên ranh giới giữa chất làm mát và vật liệu kết cấu, ví dụ, bằng cách cấp oxy hoặc các vật liệu chứa oxy vào chất làm mát, được coi là ưu việt; khi đó các vật liệu này có thể được chuyển bởi chất làm mát về phía các thành lò phản ứng nơi mà oxy có thể phản ứng với các vật liệu kết cấu (ví dụ, thép) và tạo ra oxit dưới dạng lớp màng oxit. Một ưu điểm nữa của cách bảo vệ chống ăn mòn này là làm suy giảm tốc độ trao đổi nhiệt giữa chất làm mát và các thành lò phản ứng do độ dẫn nhiệt thấp của các oxit.

Oxy có thể được phun vào chất làm mát theo nhiều cách. Để thực hiện một trong số những cách này, thiết bị lò phản ứng sẽ bao gồm hệ thống khí 108 có đầu ra tới lò phản ứng 101 vào khoảng không 106 gần chất làm mát 104 (theo phương án ưu tiên được thể hiện trên Fig.1 thì là bên trên chất làm mát). Chất làm mát 104 chỉ chiếm một phần của bể chứa lò phản ứng để giảm nguy cơ làm hỏng lò phản ứng

do sự giãn nở nhiệt của chất làm mát khi được gia nhiệt. Phần trên 106 của bể chứa lò phản ứng nằm trên bề mặt 105 (“mức”) của chất làm mát 104 sẽ được làm đầy bằng khí trơ (He, Ne, Ar) hoặc hỗn hợp khí trơ để ngăn chặn sự ăn mòn và các phản ứng hóa học không mong muốn. Hệ thống khí 108 được bố trí để cấp khí vào khoảng không bên trên chất làm mát hoặc gần đó, mà theo các phương án khác thì có thể là khoảng không được phân cách khỏi bình chứa chất làm mát.

Hệ thống khí 108 bao gồm hệ đường ống (các ống), các van cách ly 109, các bộ lọc, các bơm và thiết bị khác được sử dụng rộng rãi trong các hệ thống khí và đã biết trong lĩnh vực kỹ thuật của sáng chế. Hệ thống khí được kết nối tới các nguồn khí trơ và oxy và được tạo cấu hình để trộn lẫn chúng. Do đó, hệ thống khí này có thể cấp không chỉ khí trơ hoặc hỗn hợp khí trơ. Để chống ăn mòn, khí chứa oxy, ví dụ, hỗn hợp khí trơ và oxy (oxy tinh khiết là nguy cơ nghiêm trọng đối với vật liệu kết cấu của lò phản ứng và chất làm mát bằng kim loại lỏng) có thể được cấp vào khoảng không gần chất làm mát của lò phản ứng. Hỗn hợp chất khí này có thể chứa ít hơn hoặc bằng 1/5 oxy, tỷ lệ này cho thấy sự hoạt động đủ của oxy được chứa trong chất khí mà không gặp phải nguy cơ không mong muốn đối với vật liệu kết cấu và chất làm mát.

Cụ thể là, các khí trơ và oxy có thể được cấp từ các bể chứa với các chất khí được nén lại tới hệ đường ống hoặc các bể trộn của hệ thống khí bằng cách điều chỉnh các van cách ly (ví dụ, các van với các bộ dẫn động điện hoặc thủy lực) hoặc kích hoạt các bơm ly tâm để bơm các chất khí này từ các bể lưu trữ tới các bể trộn hoặc hệ đường ống theo yêu cầu, trong các điều kiện phù hợp của các van cách ly trên các ống/hệ đường ống liên kết. Các chất khí này hoặc các hỗn hợp của chúng có thể được cấp vào khoảng không gần chất làm mát của lò phản ứng nhờ hệ đường ống từ các bể lưu trữ hoặc các bể trộn bằng cách điều khiển một cách phù hợp các van cách ly và/hoặc các bơm (nếu các bơm không thể được kích hoạt, thì chất khí có thể được cấp bằng cách làm tăng áp lực mà chúng được nén trong các bể chứa tương ứng).

Nếu khí chứa oxy được cấp vào khoảng không gần chất làm mát của lò phản ứng, thì oxy có thể khuếch tán vào chất làm mát hoặc oxy hóa các thành phần của nó, ví dụ, bismut và chì; và các oxit của chất làm mát có thể được mang vào trong

lò phản ứng nhờ đối lưu hoặc tuần hoàn nơi mà chúng có thể oxy hóa các thành phần nêu trên khi tiếp xúc với các thành phần của vật liệu kết cấu như Fe, Cr, Zn và các kim loại khác. Điều này xảy ra vì các thành phần đó có ái lực hóa học đối với oxy cao hơn bismut và chì (ví dụ, nhờ đó tái sinh lại các thành phần này của chất làm mát). Phương pháp duy trì lớp màng oxit như vậy trên bề mặt của các vật liệu kết cấu để ngăn chặn sự ăn mòn có thể được sử dụng, ví dụ, trong các chế độ trạng thái ổn định khi mức tiêu thụ oxy để oxy hóa các thành phần của vật liệu kết cấu phù hợp với tốc độ dòng oxy được chuyển từ khoảng không gần chất làm mát qua bề mặt của chất làm mát (và việc thực hiện phương pháp điều khiển nồng độ oxy trong chất làm mát này có thể được tính đến bởi hệ thống điều khiển thiết bị lò phản ứng). Tuy nhiên, phương pháp duy trì nồng độ oxy trong chất làm mát này cần thiết để bảo vệ chống ăn mòn có các nhược điểm như độ trễ và khả năng điều khiển thấp của quy trình do hiệu quả thấp của sự xâm nhập thụ động của oxy từ chất khí vào trong chất làm mát lỏng cũng như không thể nâng cao nồng độ oxy trong chất làm mát bằng cách tăng thành phần oxy trong chất khí do ảnh hưởng rất bất lợi của oxy lên các vật liệu kết cấu trong khoảng không gần chất làm mát của lò phản ứng và làm tăng nguy cơ tạo ra lớp màng oxit trên bề mặt chất làm mát.

Do đó, việc phun oxy vào chất làm mát bằng cách khuếch tán qua bề mặt chất làm mát tạo ra nguồn oxy gần như vô tận. Nhưng phương pháp làm tăng nồng độ oxy trong chất làm mát này không được chính xác lắm, chậm và không điều khiển được. Để chống lại sự ăn mòn các vật liệu kết cấu thì cần một phương pháp điều khiển được, chính xác và nhanh chóng hơn để làm tăng nồng độ oxy trong chất làm mát. Phương pháp này có thể được đề xuất bằng cách sử dụng thiết bị trao đổi chất 114 được lắp trong chất làm mát 104.

Thiết bị trao đổi chất có thể là bình chứa để lưu trữ các oxit pha rắn của chất làm mát. Ví dụ, nếu chất làm mát bao gồm chì và/hoặc bismut, thì thiết bị trao đổi chất có thể chứa các oxit pha rắn của chì và/hoặc bismut dưới dạng các hạt nhỏ. Các oxit pha rắn này có thể được hòa tan trong chất làm mát và do chúng là các oxit của các thành phần của chất làm mát, nên hiệu ứng này ở một mức độ nhất định cũng giống như sự xâm nhập của oxy từ môi trường chất khí và oxy hóa các thành phần nêu trên, nhưng trong trường hợp này có thể điều khiển được cường độ

của quy trình. Chất làm mát sẽ chảy qua thiết bị trao đổi chất để hòa tan các oxit pha rắn của các thành phần của chất làm mát trong chất làm mát. Nhằm mục đích này, vỏ của thiết bị trao đổi chất chứa các oxit của các thành phần của chất làm mát, ví dụ, dưới dạng hạt, sẽ có các lỗ để chất làm mát chảy qua.

Hiệu quả (tốc độ) hòa tan các oxit pha rắn của các thành phần của chất làm mát vào trong chất làm mát phụ thuộc cụ thể vào tốc độ của chất làm mát chảy qua thiết bị trao đổi chất. Để điều khiển tốc độ của chất làm mát chảy qua thiết bị trao đổi chất, bơm có thể được sử dụng trong thiết bị trao đổi chất hoặc trong phần của bể chứa lò phản ứng nơi bố trí thiết bị trao đổi chất. Bơm này sẽ bơm chất làm mát với các tốc độ khác nhau và việc vận hành bơm này có thể được điều khiển từ bên ngoài (từ xa). Tốc độ của chất làm mát chảy qua thiết bị trao đổi chất có thể được điều khiển nhờ bộ gia nhiệt vốn gia nhiệt cho chất làm mát, và do đó tạo ra sự đối lưu của nó. Việc vận hành bộ gia nhiệt có thể được điều khiển từ bên ngoài (từ xa). Việc sử dụng bộ gia nhiệt có ưu điểm so với bơm vì bộ gia nhiệt không có các chi tiết chuyển động, điều này rất quan trọng đối với việc kéo dài tuổi thọ của thiết bị trao đổi chất và nói chung nâng cao mức độ an toàn của lò phản ứng, bởi vì thiết bị trao đổi chất (và do đó bộ gia nhiệt hoặc bơm) vận hành trong chất làm mát nóng trong môi trường phóng xạ cao.

Hiệu quả (tốc độ) hòa tan của các oxit pha rắn của các thành phần của chất làm mát trong chất làm mát cũng phụ thuộc vào thể tích và diện tích bề mặt của các oxit pha rắn của các thành phần mà chất làm mát tiếp xúc với. Thể tích của bể chứa nơi các oxit (ví dụ, dưới dạng các hạt nhỏ) được chứa và chất làm mát chảy qua đó có thể được điều khiển bằng cách sử dụng các van, mà đến lượt mình các van này có thể được điều khiển từ xa, ví dụ, bằng cách sử dụng bộ dẫn động điện.

Ngoài ra, hiệu quả (tốc độ) hòa tan các thành phần pha rắn trong chất làm mát còn phụ thuộc vào nhiệt độ của chất làm mát và/hoặc các thành phần pha rắn của chất làm mát tham gia tương tác. Nhiệt độ của chúng cũng có thể được điều khiển bằng bộ gia nhiệt, mà việc vận hành bộ gia nhiệt này có thể được điều khiển từ bên ngoài (từ xa).

Do đó, có nhiều phương pháp khác nhau để điều khiển hiệu quả (tốc độ) hòa tan các thành phần pha rắn của chất làm mát trong chất làm mát; một số phương

pháp này đã được mô tả ở trên. Trong phần mô tả sáng chế, tất cả các phương pháp này được gọi chung là “việc kích hoạt” (“kích hoạt”) thiết bị trao đổi chất, bởi vì chúng liên quan đến việc hòa tan quá mức các thành phần pha rắn trong chất làm mát. Trong trạng thái “không được kích hoạt” (“giải kích hoạt”), nghĩa là khi, ví dụ, bơm hoặc bộ gia nhiệt, vốn làm tăng dòng chảy của chất làm mát qua thiết bị trao đổi chất bị ngắt, hoặc khi các van được chuyển về vị trí sao cho chất làm mát chảy quanh lượng tối thiểu các thành phần pha rắn của chất làm mát hoặc hoàn toàn không chảy quanh chúng, hoặc khi bộ gia nhiệt, vốn được sử dụng để tăng nhiệt độ của chất làm mát và/hoặc các thành phần pha rắn của chúng nhằm làm tăng hiệu quả tương tác, bị ngắt (các ví dụ này dành cho các phương pháp đã được mô tả để làm tăng hiệu quả (tốc độ) hòa tan các thành phần pha rắn trong chất làm mát; khi sử dụng các phương pháp khác thì trạng thái không được kích hoạt hoặc giải kích hoạt được xác định theo hiệu quả (tốc độ) tối thiểu tương ứng của việc hòa tan các thành phần pha rắn của chất làm mát trong chất làm mát), hiệu quả (tốc độ) hòa tan các thành phần pha rắn của chất làm mát trong chất làm mát có thể là tối thiểu hoặc bằng không (trong trường hợp chung hiệu quả này có thể có một trị số nào đó bởi vì chất làm mát có thể đi qua thiết bị trao đổi chất nhờ quá trình tuần hoàn chung trong lò phản ứng (chứ không phải nhờ việc tạo ra dòng chảy bằng cách sử dụng các phương pháp bổ sung nêu trên), và nhiệt độ hiện tại của quá trình tương tác có thể tự nó gây nên sự hòa tan (không nhờ gia nhiệt bổ sung).

Cho nên thuật ngữ “kích hoạt thiết bị trao đổi chất” có nghĩa là các thiết bị làm tăng hiệu quả (tốc độ) hòa tan các thành phần pha rắn của chất làm mát trong chất làm mát được khởi động. Ngược lại, thuật ngữ “giải kích hoạt thiết bị trao đổi chất” có nghĩa là các thiết bị làm tăng hiệu quả (tốc độ) hòa tan các thành phần pha rắn của chất làm mát trong chất làm mát bị tắt đi hoặc được chuyển sang vị trí khi hiệu quả (tốc độ) này có trị số thấp nhất có thể.

Kích hoạt/giải kích hoạt có thể bảo đảm hai hoặc nhiều trạng thái hoạt động của thiết bị. Trong trường hợp hai trạng thái, khi thiết bị trao đổi chất có thể có trạng thái hoạt động tối thiểu (hoặc bằng không) và hoạt động tối đa, lượng oxy được chuyển vào chất làm mát có thể được điều khiển bằng khoảng thời gian mà trong đó thiết bị trao đổi chất ở trong trạng thái hoạt động tối đa. Nếu nhiều trạng

thái hoạt động hơn được thiết lập cho thiết bị trao đổi chất, thì tốc độ phun oxy vào chất làm mát cũng có thể được điều khiển (tức là thể tích của các thành phần pha rắn được hòa tan trong chất làm mát theo đơn vị thời gian). Trong trường hợp tới hạn thì có thể đề xuất việc điều khiển hoạt động của thiết bị trao đổi chất không gián đoạn, mà theo cách tương tự, liên tục theo trị số, nên còn nâng cao hơn nữa khả năng điều khiển hiệu quả (tốc độ) hòa tan các thành phần pha rắn của chất làm mát trong chất làm mát, điều này đến lượt mình làm tăng độ chính xác của quá trình điều khiển.

Fig. 2 thể hiện một trong số các phương án khả thi của thiết bị trao đổi chất. Thiết bị trao đổi chất này bao gồm bể chứa được tạo ra bởi vỏ 201 của nó, được giới hạn bởi đáy 202 và nắp 203. Bể chứa bao gồm khoang phản ứng dòng chảy 210 được bố trí bên trong bể chứa bên dưới mức chất làm mát và được ngăn bởi lưới đục lỗ 204 ở trên đỉnh. Lưới ngăn 204 ngăn chất oxy hóa dạng hạt pha rắn 206 khỏi nổi lên do lực đẩy nổi. Chất làm mát giàu oxy ra khỏi thiết bị trao đổi chất qua lưới ngăn 204 và các lỗ 207 trong thành vỏ 201 được bố trí trong phần trên của thành vỏ 201 bên trên lưới ngăn 204 và trộn lẫn với chất làm mát trong mạch chính của thiết bị lò phản ứng.

Chất oxy hóa pha rắn 206 (cụ thể là các oxit pha rắn của các thành phần của chất làm mát) được đặt bên dưới lưới 204 được hòa tan khi tương tác với chất làm mát và làm giàu oxy cho chất làm mát. Bộ gia nhiệt 205, được bố trí trong khoang phản ứng 210 và xuyên qua lưới đục lỗ 204, được thiết kế để gia nhiệt chất làm mát trong khoang phản ứng 210. Các lỗ đầu vào 208 được bố trí trên thành của vỏ 201 ở mức của tấm đầu dưới của bộ gia nhiệt bằng điện 205, để chất làm mát di chuyển qua lớp chất oxy hóa pha rắn, được đặt trong khoang phản ứng 210 trong khoảng hở giữa vỏ 201 và bộ gia nhiệt bằng điện 205, trong quá trình vận hành thiết bị trao đổi chất. Tốt hơn là các lỗ đầu ra 207, các lỗ đầu vào 208 và các lỗ trong lưới 204 được tạo ra dưới dạng các khe hẹp có kích thước nhỏ hơn các hạt của chất oxy hóa pha rắn.

Khi được vận hành, thiết bị trao đổi chất sẽ được nhúng chìm trong chất làm mát sao cho các lỗ đầu ra 207 nằm trong chất làm mát. Thiết bị trao đổi chất sẽ được bố trí trong lò phản ứng sao cho chất làm mát chảy qua vị trí lắp đặt. Nếu

chiều cao của lớp chất làm mát không đủ để làm ngập thiết bị trao đổi chất, thì vị trí lắp đặt sẽ được trang bị hốc rỗng mà vỏ của thiết bị trao đổi chất được làm chìm trong đó. Chất làm mát có thể chảy qua hốc rỗng này nhờ dòng đối lưu của chất làm mát bằng kim loại lỏng qua khoang phản ứng trong khi vận hành bộ gia nhiệt bằng điện 205.

Thiết bị trao đổi chất được thể hiện trên Fig. 2 vận hành như sau. Khi bộ gia nhiệt bằng điện 205 được bật lên thì nhờ đối lưu tự nhiên chất làm mát chảy qua chất oxy hóa pha rắn dạng hạt 206 được đặt trong khoang phản ứng dòng chảy 210 trong khe hở giữa vỏ 201 và bộ gia nhiệt bằng điện 205. Chất làm mát 104 (tốt hơn là chất làm mát bằng kim loại lỏng) đi từ khoang không bao quanh tới thiết bị trao đổi chất qua các lỗ đầu vào 208 và đi từ đáy lên (như được thể hiện bằng các mũi tên) qua chất oxy hóa pha rắn dạng hạt 206 được đặt trong khoang phản ứng 210. Các hạt nhỏ của chất oxy hóa pha rắn hòa tan trong chất làm mát khi tương tác với nó và làm giàu oxy cho chất làm mát. Chất làm mát giàu oxy đi ra khỏi thiết bị trao đổi chất qua các lỗ đầu ra 207 và trộn lẫn với chất làm mát của mạch chính lò phản ứng. Trị số dung tích, nghĩa là lượng oxy được cấp từ thiết bị trao đổi chất trong đơn vị thời gian, được điều khiển bằng cách thay đổi công suất của bộ gia nhiệt bằng điện. Tốc độ hòa tan của chất oxy hóa pha rắn được tăng lên ở nhiệt độ cao. Do tỷ trọng của chất oxy hóa pha rắn (ví dụ, oxit chì) thấp hơn tỷ trọng của chất làm mát (chì hoặc chì-bismut), nên các oxit pha rắn của các thành phần của chất làm mát chuyển động lên trên và được giữ bên trong khối chất làm mát bởi lưới 204 vốn cho chất làm mát chảy qua.

Các dây dẫn 115 trong phần trên của bộ gia nhiệt 205 được sử dụng để cấp điện áp cho bộ gia nhiệt 205. Bởi vì để kích hoạt thiết bị trao đổi chất thì chỉ cần gia nhiệt chất làm mát bằng bộ gia nhiệt 205, nên để vận hành bình thường thiết bị trao đổi chất 114 (được thể hiện trên Fig.1) thì cần bố trí dây dẫn (cáp 115) qua bể chứa lò phản ứng 102. Các dây dẫn này sẽ cấp dòng điện để gia nhiệt bộ gia nhiệt 205 của thiết bị trao đổi chất, và nhờ đó kích hoạt nó. Điều này cho phép điều khiển từ xa một cách an toàn sự vận hành của thiết bị trao đổi chất (và do đó điều khiển nồng độ oxy trong chất làm mát), bởi vì thiết kế này làm giảm đến tối thiểu số lượng và kích thước của các lỗ trong bể chứa lò phản ứng và tránh được sự cần

thiết phải xuyên qua bể chứa lò phản ứng hoặc làm hờ lò phản ứng để điều khiển nồng độ oxy trong chất làm mát, nên bảo đảm được độ kín và độ bền cao của bể chứa lò phản ứng và có hiệu quả tích cực đối với tuổi thọ và sự vận hành an toàn của thiết bị lò phản ứng.

Thiết bị trao đổi chất điều khiển một cách phù hợp nồng độ oxy trong chất làm mát nhưng nó có thể có tốc độ/hiệu quả làm tăng nồng độ oxy chưa đủ cao. Ngoài ra, lượng dự trữ của các chất tiêu hao, các oxit pha rắn của các thành phần của chất làm mát, lại hạn chế. Một vài thiết bị trao đổi chất có dung tích tăng cao có thể được lắp trong lò phản ứng, nhưng có thể có các hạn chế đối với thể tích lò phản ứng và khoảng không cần thiết cho các thiết bị khác của thiết bị lò phản ứng. Do đó, cần phải có phương pháp làm tăng nồng độ oxy với tốc độ/hiệu quả làm tăng nồng độ oxy cao và thể tích oxy được phun vào chất làm mát cao (không hạn chế).

Để áp dụng phương pháp làm tăng nồng độ oxy trong chất làm mát như trên, lò phản ứng 101 bao gồm bộ phân tán 112 vốn cũng sử dụng phương pháp có điều khiển để làm tăng nồng độ oxy trong chất làm mát 104 bằng cách phun chất khí, mà khí này có thể chứa oxy, vào chất làm mát 104 từ khoảng không 106 bên trên bề mặt 105 của chất làm mát 104. Nhằm mục đích này, bộ phân tán 112 được lắp một phần trong chất làm mát 104 và một phần trong khoảng không gần chất làm mát 104. Chất khí chứa oxy có thể được phun trực tiếp vào chất làm mát từ hệ đường ống của hệ thống khí, nhưng trong trường hợp này hệ đường ống sẽ chìm trong chất làm mát, điều này có thể làm tắc nghẽn hệ đường ống, do đó ảnh hưởng đến mức độ an toàn và làm giảm tuổi thọ của thiết bị lò phản ứng.

Theo một phương án ưu tiên được thể hiện trên Fig. 1, bộ phân tán 112 được lắp thẳng đứng, vì trong trường hợp này khoảng không 106 bên trên chất làm mát 104 có thể được sử dụng như khoảng không gần chất làm mát (do đó, không cần bố trí khoảng không riêng dành cho chất khí), và bộ phân tán 112 được đặt ở vị trí sẽ kéo dài tuổi thọ của nó, vì chất làm mát và các oxit pha rắn không xâm nhập vào bộ phân tán hoặc làm nó bị nghẽn, nên kéo dài tuổi thọ của nó. Do bộ phân tán có thể cấp khí từ khoảng không gần chất làm mát vào chất làm mát, nên chất khí được hút vào qua lỗ trong phần trên của bộ phân tán, vốn được bố trí, trong trường hợp cụ

thể, trong khoảng không bên trên chất làm mát, đi qua kênh trong bộ phân tán (ví dụ, trong trục) xuống dưới và đi ra khỏi phần dưới của nó, vốn được bố trí trong chất làm mát (tên của hướng thay đổi tương ứng theo các cách bố trí khác nhau của bộ phân tán).

Để phun chất khí vào chất làm mát, áp suất tăng cao có thể được tạo ra trong khoảng không gần chất làm mát; áp suất này sẽ gây ra sự xâm nhập cưỡng bức của chất khí vào trong chất làm mát vốn có nội áp suất thấp hơn bộ phân tán. Trị số áp suất có thể được xác định bằng bộ cảm biến áp suất trong khoảng không này hoặc khoảng không gần kề tới nó với hệ đường ống của hệ thống khí, hoặc theo lượng chất khí được bơm vào khoảng không này, vốn có thể được xác định bằng cách sử dụng bộ đo tốc độ dòng. Để các lỗ đầu ra bộ phân tán không bị nghẽn, thì các lỗ này chủ yếu được tạo ra trên các chi tiết chuyển động của bộ phân tán được lắp trong chất làm mát, ví dụ, trên đầu dưới của bộ phân tán quay.

Ngoài việc tạo ra áp suất khí tăng cao trong khoảng không gần chất làm mát, chất khí có thể được phun vào chất làm mát bằng cách tạo ra vùng áp suất thấp cục bộ trong chất làm mát, ví dụ, gần bộ phân tán (hút chất khí bằng chất làm mát). Điều này có thể đạt được bằng cách sử dụng các đĩa trong phần dưới của bộ phân tán, các đĩa này có thể có các cánh quạt. Khi quay các đĩa này tạo ra vùng áp suất thấp trong chất làm mát do tác dụng của lực ly tâm. Chất khí đi từ khoảng không bên trên chất làm mát tới các lỗ dưới gần các đĩa này qua kênh dọc đi tới vùng áp suất thấp nêu trên. Do sự chênh lệch của tốc độ chất làm mát gần bộ phân tán, cụ thể là gần các đĩa, nghĩa là khi chất làm mát gần bộ phân tán di chuyển nhanh hơn so với trong vùng cách xa nó, nên chất khí đi vào chất làm mát dưới dạng các bong bóng bị phân chia thành các bong bóng nhỏ hơn, nhờ đó tạo ra thể huyền phù hai thành phần được chia nhỏ của chất khí-chất làm mát. Nếu chất khí chứa oxy, thì điều kiện để làm tăng nồng độ oxy trong chất làm mát một cách hiệu quả đã đạt được. Do bộ phân tán có các chi tiết chuyển động (quay), nên chất làm mát di chuyển (chảy qua) gần các bề mặt bộ phân tán sẽ rửa trôi các hạt chất rắn và các màng khỏi bộ phân tán, nhờ đó bảo đảm khả năng tự động tự làm sạch của nó. Tính chất này làm tăng tuổi thọ của bộ phân tán cũng như tuổi thọ và mức độ an toàn trong vận hành của thiết bị lò phản ứng nói chung.

Theo phương án ưu tiên được thể hiện trên Fig. 3, bộ phân tán có thể có hai đĩa, một trong hai đĩa quay còn đĩa kia thì không. Các bố trí như vậy tạo ra vùng áp suất thấp của chất làm mát giữa các đĩa; chất khí có thể đi vào vùng này từ các lỗ trong trục hoặc trong một hoặc hai đĩa. Do có thể tạo ra khoảng cách đủ nhỏ giữa các đĩa, và một trong số các đĩa này quay so với đĩa khác nên áp suất sụt giảm nhanh hơn so với trường hợp khi cả hai đĩa cùng quay. Kết quả là, hiệu quả của việc phun chất khí vào chất làm mát được cải thiện và các bong bóng khí trở nên còn nhỏ hơn nữa, nghĩa là hiệu quả hòa tan chất khí, cụ thể là oxy, trong chất làm mát được cải thiện, và nhờ đó nồng độ oxy được tăng lên.

Việc phun khí chứa oxy vào chất làm mát và nồng độ oxy trong chất làm mát được điều chỉnh nhờ khả năng điều khiển việc vận hành hệ thống khí vốn có thể tạo ra áp suất tăng cao trong khoảng không gần chất làm mát, và nhờ khả năng điều khiển việc vận hành bộ phân tán, khi trong trạng thái bị động (các đĩa không quay) thì không phun chất khí vào chất làm mát từ khoảng không bên trên chất làm mát và trong trạng thái hoạt động (các đĩa quay) thì phun khí chứa oxy vào chất làm mát từ khoảng không bên trên chất làm mát, và tốc độ (hiệu quả) phun chất khí vào chất làm mát có thể phụ thuộc vào tốc độ quay của đĩa. Việc sử dụng bộ phân tán với các đĩa quay là hợp lý hơn vì không cần phải tạo ra áp suất tăng cao để phun chất khí vào chất làm mát từ khoảng không gần chất làm mát, nhưng đủ để kích hoạt (“kích hoạt”) bộ phân tán, điều này làm đơn giản hóa và nhờ đó nâng cao độ tin cậy của việc vận hành hệ thống điều khiển.

Để kích hoạt (“kích hoạt”) bộ phân tán, thì cần phải quay các trục và các đĩa (hoặc một trong số các trục và một trong số các đĩa). Điều này có thể được thực hiện bằng cách sử dụng, ví dụ, động cơ điện. Để giảm tác động phá hoại của nhiệt độ cao và hơi của chất làm mát lên động cơ điện và do đó, để kéo dài tuổi thọ của chúng, động cơ điện được bố trí bên ngoài lò phản ứng (mặc dù, theo một vài phương án nó có thể được bố trí bên trong). Để quay các phần của bộ phân tán, trục có thể đi từ động cơ điện xuyên qua thành lò phản ứng. Nhằm mục đích này, thành lò sẽ có lỗ trống. Tuy nhiên, để nâng cao độ bền kết cấu của lò phản ứng và nhờ đó nâng cao mức độ an toàn trong vận hành, theo một phương án ưu tiên, chuyển động quay được truyền từ động cơ điện tới các thành phần của bộ phân tán bằng cách sử

dụng khớp nối từ tính có các bộ phận được lắp đối diện nhau ở các bên khác nhau của thành lò phản ứng. Từ trường được tạo ra bởi nửa khớp từ tính có thể truyền lực quay tới nửa khớp nối còn lại nằm ở phía bên kia của thành lò phản ứng, nhờ đó kích hoạt bộ phân tán. Nếu động cơ điện của bộ phân tán nằm ngoài lò phản ứng, thì nó có thể được điều khiển qua dây dẫn (cáp) 113 được thể hiện trên Fig. 1 được thiết kế để cấp điện năng cho động cơ điện bằng cách cấp hoặc không cấp điện áp hoặc thay đổi các thông số của nó.

Theo sáng chế, việc kích hoạt bộ phân tán bằng động cơ điện được gọi là “kích hoạt” bộ phân tán và việc tắt động cơ điện khi bộ phân tán dừng hoạt động được gọi là “giải kích hoạt”. Tốc độ quay của động cơ điện có thể được điều khiển theo nhiều cách khác nhau: theo cách hai bước (đóng/cắt), với nhiều tốc độ quay hoặc với khả năng thiết lập tốc độ quay bất kỳ trong khoảng được quy định. Do đó, tốc độ quay càng cao thì càng nhiều chất khí (bao gồm oxy) được hòa tan trong chất làm mát và các bong bóng khí được tạo ra càng bé hơn.

Bộ cảm biến nồng độ oxy chất điện phân rắn được thể hiện trên Fig. 3 bao gồm các thành phần chính sau đây: vỏ bộ phân tán 301 với đĩa trên tĩnh; trục rỗng 302 được nối tới the đĩa quay dưới 303; mặt bích 304 để bắt chặt bộ phân tán vào bể chứa của lò phản ứng; động cơ điện 307 với nửa khớp dẫn động từ tính 306 để truyền chuyển động quay tới trục rỗng 302 bằng cách sử dụng nửa khớp được dẫn động từ tính 305. Động cơ điện 307 với nửa khớp 306 được lắp bên ngoài thành lò phản ứng 102, và nửa khớp 305 được lắp bên trong thành lò phản ứng 102.

Theo phương án ưu tiên được thể hiện trên Fig. 3, đĩa trên (stator) của bộ phân tán được nối cứng tới vỏ bộ phân tán 301. Đĩa quay dưới 303 được kết nối tới trục quay 302. Đĩa dưới và trục đều rỗng, các khoang trống của chúng được nối với nhau. Trong phần trên, khoang trống của trục được kết nối tới mạch dẫn khí qua các lỗ. Các lỗ này có đường kính nhỏ (ít nhất 12 lỗ) được đục trên bề mặt của đĩa dưới để tạo ra độ hở; các lỗ này được bố trí theo hướng chu vi. Đĩa trên cũng có thể có các lỗ nhỏ để phun kim loại lỏng vào khoang trống giữa các đĩa. Trong phần trên, trục quay được kết nối tới trục của động cơ điện hàn kín 307, được cấp điện từ bộ biến đổi tần số, bằng các nửa khớp từ tính 305 và 306.

Bộ phân tán được nhúng chìm trong chất làm mát sao cho các lỗ trong phần trên của trục ở bên trên mức chất lỏng, và các đĩa trên và dưới ở bên dưới mức chất lỏng. Khi động cơ điện hàn kín chạy thì đĩa dưới quay với tốc độ góc định trước. Do chuyển động của chất làm mát so với đĩa dưới mà vùng áp suất thấp được tạo ra trong khe hở, điều này làm cho chất khí được phun vào khe hở từ khoang trống của đĩa dưới qua các lỗ trong phần trên của nó. Do sự chênh lệch tốc độ của chất làm mát mà các bong bóng trong khe hở bị phân nhỏ và pha chất khí bị chia nhỏ cùng với chất làm mát đi từ khe hở tới dòng chảy chính của chất làm mát.

Theo một phương án khác của bộ phân tán, đĩa dưới có thể là đĩa tĩnh, và đĩa trên có thể là đĩa quay. Ngoài ra, khoang trống kết nối khoảng không gần chất làm mát và lỗ trong đĩa có thể được bố trí cả trên trục lẫn trên vỏ. Các lỗ này có thể được tạo ra cả trên đĩa quay lẫn trên đĩa tĩnh (hoặc trên cả hai).

Như đã nêu trên, nguyên lý hoạt động của bộ phân tán chất khí dựa trên sự phân nhỏ các bong bóng khí trong chất lỏng khi được phun vào dòng chảy có sự chênh lệch tốc độ cao. Do sự không đồng đều của lực Q tác động lên các phân tử bề mặt, các bong bóng lớn trong dòng chảy này bị làm vỡ thành các bong bóng nhỏ. Theo phương án ưu tiên của bộ phân tán, dòng chảy có độ chênh lệch cao của chất lỏng trong bộ phân tán chất khí được tạo ra trong khe hở giữa các đĩa quay và tĩnh. Khi các điều kiện khác là như nhau thì mức độ phân tán của pha chất khí phụ thuộc vào sự chênh lệch tốc độ trong dòng chảy. Sự chênh lệch tốc độ được tăng lên bằng cách giảm khe hở giữa các đĩa hoặc tăng vận tốc dài của chuyển động tương đối của các đĩa.

Lò phản ứng 101 cũng được trang bị bộ cảm biến nồng độ oxy 110 trong chất làm mát 104. Theo một phương án ưu tiên, bộ phận này được tạo ra dưới dạng bộ cảm biến hoạt tính nhiệt động oxy; một trong số các phương án được thể hiện trên Fig. 4. Bộ cảm biến nồng độ oxy chất điện phân rắn được thể hiện trên Fig. 4 bao gồm chi tiết cảm biến bằng gốm 401 được hàn kín trong bể chứa của lò phản ứng 405, điện cực mẫu 402 và điện cực trung tâm bao gồm hai phần, phần dưới 406 và phần trên 111 được bố trí trong khoang trống của bộ cảm biến.

Chi tiết cảm biến bằng gốm 401 được làm bằng chất điện phân rắn dưới dạng chi tiết hình ống được liên kết với một phần của hình cầu. Zircon dioxit được

ổn định một phần, zircon đioxit được ổn định toàn phần hoặc hafni đioxit có thể được sử dụng để sản xuất chi tiết 401. Mặt bên của chi tiết hình ống được kết nối tới mặt bên trong của bể chứa của lò phản ứng 405 bằng vật liệu gắn kết 404 vốn có thể là gốm thủy tinh hoặc sợi cacbon được graphit hóa áp lực.

Bộ cảm biến này được trang bị nút 403 được làm từ oxit kim loại, ví dụ, nhôm. Nút này có lỗ và bao trùm mặt cắt của khoang trống của chi tiết cảm biến bằng gốm 401. Nút được thiết kế để cố định điện cực mẫu 402 trong khoang trống bên trong của các chi tiết cảm biến bằng gốm 401. Điện cực mẫu 402 được bố trí trong khoang trống giữa bề mặt bên trong của chi tiết cảm biến bằng gốm 401 và bề mặt của nút 403 và chiếm chỗ ít nhất một phần của khoang trống. Điện cực mẫu 402 có thể được làm từ bismut, chì, indi hoặc gali.

Đầu tự do của phần dưới của điện cực trung tâm 406, vốn quay về phía phần chi tiết hình cầu, được đưa ra tới điện cực mẫu 402 qua lỗ trong nút 403. Điều này cho phép điện cực mẫu 402 có tiếp xúc điện với phần dưới của điện cực trung tâm 406. Ít nhất một phần của chi tiết cảm biến bằng gốm hình cầu 401 nhô qua bể chứa của lò phản ứng 405 được làm từ, ví dụ, thép. Trong khi vận hành bộ cảm biến, phần nhô ra này được nhúng chìm trong kim loại nóng chảy để xác định hoạt tính của oxy.

Các vật liệu của bể chứa của lò phản ứng 405, chi tiết cảm biến bằng gốm 401, và vật liệu gắn kết 404 có hệ số giãn nở nhiệt bằng nhau và bền hóa học đối với môi trường vận hành, như chì nóng chảy ở các nhiệt độ không vượt quá 650°C. Điều này cho phép duy trì bộ cảm biến hoạt động ở tốc độ thay đổi nhiệt độ (sốc nhiệt) trong kim loại lỏng tới 100°C/s trong khoảng nhiệt độ từ 300 tới 650°C.

Ống lót 408 được hàn vào phần tự do của bể chứa của lò phản ứng 405. Phần trên của điện cực trung tâm 111 được thể hiện trên Fig. 1 dưới dạng cáp hoặc dây dẫn đi ra từ khoang trống của ống lót 408 và đi qua thành 102 của bể chứa của lò phản ứng. Khoang trống hình khuyên giữa ống lót 408 và phần trên của điện cực trung tâm 111 được điền đầy vật liệu cách điện 410, tốt hơn là, gốm thủy tinh. Vật liệu 410 bảo đảm độ kín của khoang trống bên trong bộ cảm biến. Cần phải ngăn chặn sự xâm nhập của oxy từ không khí vào khoang trống bên trong bộ cảm biến và sự thay đổi các đặc tính của điện cực mẫu. Phần dưới của điện cực trung tâm 406

được bố trí trong khoang trống bên trong bể chứa của lò phản ứng 405 được cắm vào bên trong chi tiết cách điện 407, tốt hơn là được làm từ oxit nhôm.

Nguyên lý hoạt động vận hành của bộ cảm biến hoạt tính nhiệt động oxy là dựa trên việc đo chênh lệch điện thế giữa hai điện cực được phân cách bởi chất điện phân rắn (ví dụ, $\text{ZrO}_2 \cdot \text{Y}_2\text{O}_3$) với độ dẫn ion oxy được chọn. Trị số chênh lệch điện thế giữa hai điện cực được tạo ra bởi sự chênh lệch của thế oxy giữa môi trường được điều khiển và môi trường có thế oxy đã biết trước (điện cực mẫu). Có thể sử dụng các hệ thống như “kim loại lỏng–oxit rắn”, như $\{\text{Bi}\}-\langle\text{Bi}_2\text{O}_3\rangle$, để làm điện cực mẫu. Trị số chênh lệch điện thế nhận được từ bộ cảm biến có thể biến đổi thành trị số hoạt tính nhiệt động của oxy, nồng độ của nó hoặc trị số thuận tiện khác. Theo một phương án khác, phương tiện làm tăng nồng độ oxy có thể được điều khiển tùy theo trị số chênh lệch điện thế nhận được từ bộ cảm biến (ví dụ theo bảng tra hoặc bằng công thức tương ứng được thiết lập theo phương pháp thực nghiệm hoặc lý thuyết).

Chỉ số đọc được trực tiếp hoặc được biến đổi của bộ cảm biến nồng độ oxy (ví dụ, hoạt tính nhiệt động của oxy) có thể được so sánh với các trị số ngưỡng và, theo kết quả so sánh, đưa ra quyết định kích hoạt thiết bị trao đổi chất hoặc bộ phân tán. Ví dụ, có thể quy định rằng khi nồng độ oxy thấp hơn trị số ngưỡng thì đưa ra quyết định kích hoạt một trong số các thiết bị nêu trên để làm tăng nồng độ oxy (ví dụ, hoạt tính nhiệt động của nó).

Theo sáng chế, phương pháp để điều khiển nồng độ oxy cho phép đạt được các kết quả kỹ thuật nêu trên sẽ bao gồm các bước như được thể hiện trên Fig. 5.

Trước hết, cần thu được chỉ số của bộ cảm biến nồng độ oxy (bước 501), ước tính nồng độ oxy trong chất làm mát (bước 502) dựa trên dữ liệu thu được từ bộ cảm biến nồng độ oxy trong chất làm mát và so sánh nồng độ oxy theo ước tính trong chất làm mát với trị số cho phép (bước 503). Nếu nồng độ oxy thấp hơn trị số cho phép (dưới trị số tối thiểu cho phép, nghĩa là nằm ngoài khoảng trị số cho phép), thì sự thay đổi nồng độ oxy trong chất làm mát sẽ được ước tính (bước 504); kết quả là, dạng thay đổi nồng độ (tăng, giảm hoặc giữ nguyên mức cũ), tốc độ thay đổi, trị số thay đổi v.v. có thể được xác định.

Sự thay đổi nồng độ và các đặc tính của sự thay đổi này có thể được đánh

giá bằng cách so sánh nồng độ oxy theo ước tính trong chất làm mát nhận được từ bộ cảm biến 110 ở những thời điểm khác nhau, hoặc có thể nhận được sự đánh giá này dưới dạng phái sinh bằng cách sử dụng các thiết bị khác nhau (ví dụ, sự suy diễn phần cứng có thể được thực hiện bằng cách sử dụng các chỉ tiết điện dung, cảm ứng v.v.) hoặc bằng cách sử dụng các phương pháp bất kỳ nào khác đã biết từ tình trạng kỹ thuật của sáng chế. Phương pháp này cho phép ước tính sự thay đổi nồng độ dựa trên chỉ số của cùng bộ cảm biến được sử dụng để xác định nồng độ oxy, nên làm giảm được số lượng thiết bị được bố trí trong lò phản ứng. Điều này làm đơn giản và giảm giá thành việc thiết kế, chế tạo và lắp đặt bộ cảm biến nồng độ oxy trong chất làm mát và thiết bị lò phản ứng nói chung. Ngoài ra, việc sử dụng một loại bộ cảm biến cho phép có độ dư để bảo đảm mức độ an toàn và kéo dài tuổi thọ của thiết bị lò phản ứng, vì các bộ cảm biến thuộc các dạng khác không chiếm khoảng không trong lò phản ứng, và nhờ đó dành lại chỗ cho các bộ cảm biến bổ sung cùng một loại. Cần lưu ý rằng thiết bị được đồng nhất nhờ độ dư của bộ cảm biến thuộc cùng một loại. Điều này làm đơn giản và giảm giá thành thiết kế, sản xuất và lắp đặt thiết bị lò phản ứng.

Theo một phương án khác, có thể sử dụng các bộ cảm biến nồng độ oxy vốn cung cấp các trị số tương ứng với các đặc tính của sự thay đổi nồng độ oxy trong chất làm mát. Các bộ cảm biến này có thể được gọi là vi sai. Do đó, hai hoặc nhiều loại bộ cảm biến có thể được sử dụng (xét đến bộ cảm biến mà các chỉ số của nó cho phép ước tính nồng độ oxy trong chất làm mát). Do các bộ cảm biến nêu trên được thiết kế để xác định các đặc tính khác nhau của cùng một trị số (nồng độ oxy), nên điều này cho phép thu được các ước tính chính xác hơn đối với các đặc tính và trị số này bằng cách áp dụng chung các chỉ số của các bộ cảm biến thuộc dạng khác nhau, cũng như thay thế các chỉ số của bộ cảm biến thuộc dạng này bằng các chỉ số được xử lý theo cách phù hợp của các bộ cảm biến khác trong trường hợp hư hỏng của bộ cảm biến bất kỳ, đến lượt mình điều này cho phép nâng cao tính an toàn và kéo dài tuổi thọ của thiết bị lò phản ứng.

Theo phương án ưu tiên, để quyết định việc kích hoạt thiết bị trao đổi chất hoặc bộ phân tán thì cả hai sự đánh giá, nồng độ oxy và sự thay đổi nồng độ oxy, đều cần thiết, bởi vì tốt hơn là kích hoạt các thiết bị nêu trên sau khi nồng độ oxy

đã giảm tới mức thấp hơn trị số (hoặc khoảng trị số) cho phép (ngưỡng), vốn có thể được ước tính theo các chỉ số phản ánh nồng độ oxy. Quyết định về việc có kích hoạt thiết bị trao đổi chất hoặc bộ phân tán hay không sẽ dựa trên việc đánh giá sự thay đổi nồng độ oxy.

Tiếp theo, cần xác định xem liệu sự thay đổi theo ước tính của nồng độ oxy trong chất làm mát có thể hiện sự suy giảm nồng độ (bước 505) và, nếu thế, thì so sánh trị số và/hoặc tốc độ suy giảm với trị số ngưỡng tương ứng (bước 506).

Sự suy giảm nồng độ có thể được xác định bằng các phương pháp khác nhau. Ví dụ, nếu một hoặc nhiều trị số tiếp theo của việc ước tính nồng độ oxy thấp hơn một hoặc nhiều trị số trước đó, thì có thể cho rằng nồng độ oxy đã giảm. Theo một phương án khác, nếu các bộ cảm biến nồng độ oxy vi sai được sử dụng thì mức độ suy giảm nồng độ oxy có thể được xác định, nếu các chỉ số của bộ cảm biến này có các trị số tương ứng với sự suy giảm nồng độ. Ngoài ra, mức độ suy giảm nồng độ oxy có thể được xác định theo sự đánh giá trị số và/hoặc tốc độ thay đổi của nồng độ oxy. Nếu các ước tính này có trị số âm thì mức độ suy giảm nồng độ oxy trong chất làm mát có thể được ghi nhận. Nếu các ước tính về trị số và/hoặc tốc độ thay đổi của nồng độ oxy trái dấu với các ước tính tương tự của sự thay đổi nồng độ oxy được sử dụng thì mức độ suy giảm nồng độ oxy trong chất làm mát có thể được ghi nhận nếu các ước tính này có trị số dương. Trị số và/hoặc tốc độ thay đổi (giảm) của nồng độ oxy trong chất làm mát có thể được xác định dựa trên các chỉ số của bộ cảm biến nồng độ oxy trong chất làm mát (ví dụ, bộ cảm biến hoạt tính nhiệt động oxy trong chất làm mát) hoặc dựa trên các bộ cảm biến vi sai phản ánh sự thay đổi nồng độ oxy.

Nếu trị số ước tính của nồng độ oxy trong chất làm mát thấp hơn trị số cho phép, quan trắc thấy sự suy giảm nồng độ oxy và trị số và/hoặc tốc độ suy giảm theo ước tính của nồng độ oxy thấp hơn trị số ngưỡng tương ứng, thì thiết bị trao đổi chất sẽ được kích hoạt (bước 507). Ngược lại, nếu nồng độ oxy theo ước tính trong chất làm mát thấp hơn trị số cho phép, quan trắc thấy sự suy giảm nồng độ oxy và trị số và/hoặc tốc độ suy giảm theo ước tính của nồng độ oxy cao hơn trị số ngưỡng tương ứng, thì khí chứa oxy (hỗn hợp chất khí) sẽ được cấp từ hệ thống khí vào khoảng không gần chất làm mát và/hoặc bộ phân tán sẽ được kích hoạt.

Trong trường hợp sau, có năm lựa chọn thay thế ở bước 508. Các lựa chọn thay thế này giúp đạt được kết quả cần thiết để làm tăng nồng độ oxy trong chất làm mát. Một trong số các lựa chọn thay thế đề xuất việc cấp khí chứa oxy vào khoảng không gần chất làm mát từ hệ thống khí, ví dụ với số lượng không làm tăng áp suất, mà chỉ thay thế khí không chứa oxy (ví dụ, qua hệ đường ống thứ hai của hệ thống khí). Bộ phân tán sẽ ở trong trạng thái hoạt động để phun oxy vào chất làm mát. Do đó, lựa chọn thay thế này được sử dụng nếu trước khi cấp khí chứa oxy thì bộ phân tán đã ở trong trạng thái hoạt động, ví dụ, được sử dụng để phun khí không chứa oxy (ví dụ, hỗn hợp khí hydro) vào chất làm mát. Lựa chọn thay thế thứ hai đề xuất rằng khoảng không gần chất làm mát có thể đã chứa khí chứa oxy trước khi kích hoạt bộ phân tán, và để đạt được điều này, nghĩa là nạp khí chứa oxy vào chất làm mát, và nhờ đó làm tăng nồng độ oxy, thì chỉ cần kích hoạt bộ phân tán là đủ. Lựa chọn thay thế thứ ba đề xuất rằng, trước khi đạt được kết quả cần thiết, thì chất khí trong khoảng không gần chất làm mát không chứa oxy, và bộ phân tán đã bị ngắt; do đó, để làm tăng nồng độ oxy thì cần không chỉ cấp khí chứa oxy vào khoảng không gần chất làm mát (trong trường hợp tối hạn, thì có thể là oxy tinh khiết dùng để trộn với chất khí trong thể tích nêu trên), mà còn phải kích hoạt bộ phân tán. Theo lựa chọn thứ tư, bộ phân tán không được kích hoạt và khí chứa oxy được cấp vào khoảng không gần chất làm mát từ hệ thống khí với lượng (thể tích) hoặc với áp suất đủ để tạo ra áp suất trong khoảng không gần chất làm mát sao cho gây ra được sự xâm nhập chất khí vào chất làm mát thậm chí qua bộ phân tán không hoạt động. Theo lựa chọn thứ năm, khí chứa oxy được cấp vào khoảng không gần chất làm mát từ hệ thống khí với lượng (thể tích) hoặc với áp suất đủ để tạo ra áp suất trong khoảng không gần chất làm mát sao cho gây ra được sự xâm nhập chất khí vào chất làm mát qua bộ phân tán, và bộ phân tán được kích hoạt. Điều này cho phép kéo dài tuổi thọ của bộ phân tán.

Điểm chung của tất cả các lựa chọn trên đây là có cùng kết quả, nghĩa là làm tăng nồng độ oxy, vốn chỉ đạt được khi có khí chứa oxy trong khoảng không gần chất làm mát với áp suất vượt quá áp suất nội tại trong chất làm mát nơi mà lỗ (các lỗ) đầu ra của bộ phân tán được bố trí. Các lựa chọn này chỉ khác biệt bởi phương pháp mà chúng tạo ra sự chênh lệch áp suất cần thiết và các điều kiện ban đầu: liệu

bộ phân tán được kích hoạt hoặc giải kích hoạt, và có hay không khí chứa oxy trong khoảng không gần chất làm mát và áp suất của nó. Trong bối cảnh này, giải pháp theo sáng chế được coi là được sử dụng, nếu bất kỳ hoạt động nào nêu trên được thực hiện và dẫn tới việc cấp khí chứa oxy từ khoảng không gần chất làm mát vào chất làm mát qua bộ phân tán (hoặc bằng bộ phân tán).

Như đã nêu trên, chất khí (bao gồm cả khí chứa oxy) có thể được phun vào chất làm mát ngay cả khi áp suất của chất khí trong khoảng không gần chất làm mát được tăng lên và bộ phân tán không được kích hoạt. Nhưng trong trường hợp này, lỗ (các lỗ) đầu ra của bộ phân tán có thể bị nghẽn. Do đó, để đạt được mục đích của sáng chế, tức là nâng cao độ tin cậy và kéo dài tuổi thọ của thiết bị lò phản ứng (điều này dẫn tới việc nâng cao mức độ an toàn và kéo dài tuổi thọ của thiết bị lò phản ứng), khi áp dụng phương pháp cấp chất khí vào chất làm mát này (nhờ áp suất tăng cao của chất khí trong khoảng không gần chất làm mát), bộ phân tán sẽ được kích hoạt trong mọi trường hợp, sao cho lỗ (các lỗ) đầu ra, ở đầu dưới vốn được nhúng chìm trong chất làm mát, được chất làm mát chảy quanh để ngăn ngừa sự tích tụ các oxit, chất kết tủa, màng bám v.v. trong/trên nó. Nghĩa là, ở bước 508, tốt hơn nếu bộ phân tán sẽ được kích hoạt, ngay cả nếu khí chứa oxy được cấp vào khoảng không gần chất làm mát từ hệ thống khí với lượng làm tăng áp suất chất khí trong khoảng không gần chất làm mát điều vốn dẫn đến việc nạp chất khí (với oxy) vào chất làm mát mà không cần kích hoạt bộ phân tán (mặc dầu, trường hợp không kích hoạt bộ phân tán được bao gồm trong sáng chế).

Ngoài ra, chính việc điều khiển áp suất chất khí trong khoảng không gần chất làm mát theo cách sao cho chất khí tự nó xâm nhập vào chất làm mát qua bộ phân tán, ngay cả khi không kích hoạt bộ phân tán, có thể là không mong muốn do tạo ra các bong bóng cỡ lớn và ít chính xác hơn do độ chính xác của việc điều khiển áp suất trong hệ thống khí thấp hơn so với việc điều khiển tốc độ quay của bộ phân tán, và kết quả là sự giảm cục bộ của áp suất trong chất làm mát gần đầu quay (các đĩa) của bộ phân tán; do đó, tốt hơn là điều khiển nồng độ oxy trong chất làm mát bằng cách sử dụng bộ phân tán được kích hoạt.

Nếu nồng độ oxy trong chất làm mát được điều khiển bằng cách sử dụng các phương pháp mà theo đó bộ phân tán được kích hoạt, thì chỉ ba bước đầu tiên trong

số các lựa chọn thay thế đã được mô tả của bước 508 theo sáng chế sẽ được sử dụng. Các lựa chọn thay thế này có điểm chung là có cùng kết quả, tức là việc làm tăng nồng độ oxy chỉ đạt được nếu có chất khí chứa oxy trong khoảng không gần chất làm mát và bộ phân tán để phun chất khí từ khoảng không gần chất làm mát vào chất làm mát được kích hoạt. Các lựa chọn thay thế này chỉ khác nhau bởi điều kiện ban đầu: liệu bộ phân tán được kích hoạt hay được giải kích hoạt và có hay không khí chứa oxy trong khoảng không gần chất làm mát. Xét theo khía cạnh này thì sáng chế sẽ được coi là đã bị sử dụng nếu một hành động bất kỳ trong số các hành động nêu trên được thực hiện và dẫn tới việc cấp khí chứa oxy từ khoảng không gần chất làm mát vào chất làm mát bằng bộ phân tán. Tuy nhiên, cần thấy rằng việc cấp khí chứa oxy vào khoảng không gần chất làm mát, cả khi có tạo ra áp suất vượt quá áp suất nội tại của chất làm mát trong khoảng không này (không chỉ cục bộ gần bộ phân tán mà trong toàn bộ khoảng không) lẫn khi không tạo ra áp suất như vậy, thì trong mọi trường hợp sẽ được coi là kết quả của việc cấp khí chứa oxy vào khoảng không gần chất làm mát, và do đó sẽ là một trong số các phương án của sáng chế, và nằm trong phạm vi của sáng chế và phạm vi của yêu cầu bảo hộ.

Sau khi kích hoạt thiết bị trao đổi chất (bước 507) hoặc cấp khí chứa oxy và/hoặc kích hoạt bộ phân tán (bước 508), nồng độ oxy sẽ được kiểm tra, ví dụ bằng cách sử dụng phương pháp giống như trước đây, nghĩa là bằng cách ước tính nồng độ đã được chỉ định. Như được thể hiện trên Fig. 5, điều này có thể được thực hiện bằng cách quay lại bước 501. Khi nồng độ oxy trong chất làm mát, được ước tính ở bước 502 và được so sánh ở bước 503, bằng hoặc vượt quá trị số cho phép (tiệm cận tới/vượt quá giới hạn trên của khoảng cho phép theo các phương án khác), thiết bị trao đổi chất sẽ được giải kích hoạt (bước 509) hoặc bộ phân tán sẽ được giải kích hoạt và/hoặc việc cấp khí chứa oxy vào khoảng không gần chất làm mát từ hệ thống khí sẽ được dừng lại (nếu sự tiêu thụ tự nhiên của oxy trong khoảng không gần chất làm mát, ví dụ do quá trình khuếch tán, không kết thúc đủ nhanh hoặc cần loại bỏ hoàn toàn oxy từ khoảng không này, thì khí không chứa oxy có thể được cấp vào khoảng không gần chất làm mát từ hệ thống khí; ngoài ra, khí không chứa oxy có thể được cấp ngay từ hệ thống khí vào khoảng không gần chất

làm mát, điều này có nghĩa là việc cấp khí chứa oxy đã kết thúc, bởi vì chất khí đang được cấp không chứa oxy). Điều này cho phép duy trì nồng độ oxy trong chất làm mát trong khoảng cho phép, nghĩa là nồng độ oxy trong chất làm mát không vượt quá giới hạn trên của khoảng cho phép. Việc giám sát điều kiện “nồng độ oxy trong chất làm mát bằng hoặc vượt trị số cho phép” liên quan đến mục đích của sáng chế là ngăn chặn mức độ suy giảm nồng độ oxy, và thiết bị trao đổi chất và bộ phân tán chỉ có thể làm tăng nồng độ oxy trong chất làm mát. Do đó, để đạt được mục đích này của sáng chế, thì việc tạo ra nồng độ oxy trong chất làm mát bằng hoặc vượt trị số cho phép bằng cách sử dụng thiết bị trao đổi chất hoặc bộ phân tán là đủ; sau đó nồng độ oxy bắt đầu giảm do sự tiêu thụ tự nhiên của oxy trong chất làm mát để oxy hóa các thành phần của vật liệu kết cấu; thiết bị trao đổi chất hoặc bộ phân tán được tái kích hoạt khi nồng độ oxy thấp hơn trị số cho phép.

Sau khi việc cấp oxy vào chất làm mát được dừng lại, thì nồng độ của nó trong chất làm mát được giảm xuống tới giới hạn dưới của khoảng trị số cho phép, và khi nồng độ oxy trong chất làm mát (trị số ước tính) thấp hơn trị số cho phép (tốt hơn là giới hạn dưới của khoảng trị số cho phép), thì phương pháp này sẽ lại được áp dụng, nghĩa là thiết bị trao đổi chất được kích hoạt, khí chứa oxy được cấp, và/hoặc bộ phân tán được kích hoạt. Để tái sử dụng theo chu kỳ phương pháp này theo sáng chế, thì cần tiến đến bước 501, sau khi các bước 507, 508 và 509 được thực hiện. Theo phương án được đề xuất, quy trình tiến đến bước này ngay cả khi nếu ở bước 505 đã xác định rằng nồng độ không bị giảm mà tăng. Trong trường hợp này có thể cho rằng không cần đến các bước 507 hoặc 508, do nồng độ oxy tăng một cách độc lập (ví dụ, nếu có khí chứa oxy trong khoảng không gần chất làm mát, và oxy xâm nhập từ chất khí vào chất làm mát với lượng đủ để làm tăng nồng độ oxy trong chất làm mát).

Do phương pháp có tính lặp lại nên có thể bảo đảm lặp lại phương pháp này và điều khiển tự động nồng độ oxy trong chất làm mát, điều này cho phép giảm bớt sự cần thiết của sự can thiệp của nhân viên có trình độ và, ở mức độ nào đó, loại trừ sự tham gia của họ vào việc điều khiển vận hành thiết bị lò phản ứng. Tuy nhiên, có một tùy chọn khi phương pháp này không có chu kỳ theo sáng chế. Ví dụ, bước 509 có thể được thực hiện mà không cần sau điều kiện phục hồi nồng độ oxy

cho phép, nhưng bộ định thời được kích hoạt sau một thời gian vận hành thiết bị trao đổi chất hoặc bộ phân tán. Tiếp theo, hệ thống điều khiển chuyển sang chế độ chờ để chạy phương pháp nêu trên từ bước 501 hoặc chạy phương pháp nêu trên từ bước này một cách tự động, nhờ đó bảo đảm được tính lặp lại và tính tự động khi vận hành. Có thể hữu ích khi việc ước tính nồng độ oxy phải không bị ảnh hưởng bởi các yếu tố khác nhau và đòi hỏi thiết bị trao đổi chất hoặc bộ phân tán được giải kích hoạt và do đó, không có tác động lên các chỉ số của bộ cảm biến tại thời điểm đọc chỉ số.

Các trị số ngưỡng của các đặc tính thay đổi của nồng độ oxy trong chất làm mát như tốc độ, trị số và các đặc tính khác, cũng như biến số (khoảng) của trị số cho phép của nồng độ oxy trong chất làm mát có thể được xác định dựa trên các trị số lý thuyết hoặc các trị số tính toán sơ bộ hoặc có thể thu được bằng thực nghiệm trong quá trình khởi động và điều chỉnh hoặc trong công tác kiểm tra (hoặc kết hợp). Ngưỡng và các trị số cho phép cụ thể phụ thuộc vào thiết kế của thiết bị lò phản ứng và các đặc điểm chế tạo của nó và có thể thay đổi từ thiết bị lò phản ứng này tới thiết bị khác ngay cả trong cùng một loại lò phản ứng và phụ thuộc vào các chế độ vận hành hoặc chuẩn bị thiết bị lò phản ứng để vận hành. Việc bảo đảm độ ổn định chống ăn mòn của các vật liệu kết cấu của lò phản ứng, mức độ an toàn của chúng và nồng độ oxy đủ hoặc các đặc tính của việc làm tăng nồng độ này để tạo độ ổn định chống ăn mòn, mức độ an toàn và vận hành lâu dài lò phản ứng có thể là các tiêu chuẩn để xác định ngưỡng và các trị số cho phép nhất định.

Ví dụ, theo một trong số các phương án có thể thì trị số ngưỡng (cho phép) của nồng độ oxy được hòa tan trong chất làm mát có thể được xác định bằng cách sử dụng phương pháp tính toán và thực nghiệm và có trị số được tính toán theo công thức sau đây:

$$\lg C = -0,33 - 2790/T + \lg C_s + \lg CP_b,$$

trong đó C là nồng độ của oxy được hòa tan trong chất làm mát, tính theo % khối lượng;

T là nhiệt độ tối đa của chất làm mát trong mạch, độ K;

Cs là nồng độ của oxy được hòa tan trong chất làm mát khi bão hòa ở nhiệt độ T, tính theo % khối lượng;

j là hệ số hoạt tính nhiệt động của chì trong chất làm mát, tính theo % khối lượng nghịch đảo;

CPb nồng độ của chì trong chất làm mát, tính theo % khối lượng;

$\lg$ là toán tử lôgarit thập phân (nghĩa là lôgarit cơ số 10).

Ví dụ, nếu bể chứa của lò phản ứng được làm từ thép không gỉ KH18N10T và hợp kim otecti của chì với bismut được dùng làm chất làm mát, thì nồng độ oxy thấp nhất có thể có thể là $2,6 \cdot 10^{-10}$ % tính theo khối lượng (trị số này được xác định dựa trên dữ liệu được chỉ định và dữ liệu thu được bằng cách sử dụng phương pháp thực nghiệm hoặc tính toán đối với thiết kế thiết bị lò phản ứng nhất định) ở nhiệt độ tối đa trong lò phản ứng là 623 độ K (ví dụ trong lõi hoặc gần thành lò phản ứng). Mặc dù nồng độ oxy thấp nhất vẫn được cho phép để vận hành thiết bị lò phản ứng và có thể được sử dụng như trị số ngưỡng (cho phép), ví dụ, nếu nồng độ oxy tăng nhanh mà không có độ trễ thời gian sau khi nồng độ oxy đo được giảm thấp hơn các trị số của nồng độ oxy thấp nhất có thể hoặc gần tới trị số này, nhưng những tình huống như vậy là không mong muốn đối với việc nâng cao mức độ an toàn của việc vận hành lò phản ứng.

Liên quan đến vấn đề này, các trị số ngưỡng hoặc các trị số cho phép vượt quá nồng độ oxy thấp nhất có thể được giả định. Ví dụ, mục đích duy trì nồng độ oxy bên trong khoảng $6 \cdot 10^{-8}$ - $6 \cdot 10^{-7}$ tính theo % khối lượng có thể được thiết lập. Nếu nồng độ oxy hòa tan giảm xuống tới mức $6 \cdot 10^{-8}$ tính theo % khối lượng, thì có thể được xác định rằng đã đạt được trị số ngưỡng dưới và quyết định làm tăng nồng độ oxy trong chất làm mát bằng cách sử dụng một trong số các phương pháp được mô tả theo sáng chế có thể được đưa ra. Sau khi quyết định này được đưa ra, nồng độ của oxy được hòa tan trong chất làm mát tăng lên và khi đạt được trị số $6 \cdot 10^{-7}$ tính theo % khối lượng, thì có thể xác định rằng đã đạt được trị số ngưỡng trên và, do đó, quyết định dừng việc làm tăng nồng độ oxy trong chất làm mát có thể được đưa ra. Theo một số phương án, trị số ngưỡng trên này có thể không được sử dụng, và việc nồng độ oxy đã được tăng đủ có thể được xác định dựa trên thời gian hoặc các đặc tính khác của quy trình làm tăng nồng độ oxy (ví dụ việc làm tăng nồng độ oxy có thể được dừng lại sau khi thời lượng của quy trình này từ khi bắt đầu đã đạt tới trị số đích).

Các trị số ngưỡng về tốc độ, định lượng và/hoặc các đặc tính khác của việc làm tăng nồng độ oxy trong chất làm mát có thể được xác định bằng cách sử dụng các phương pháp giống như đã mô tả ở trên và/hoặc các phương pháp khác đã biết đến trong tình trạng kỹ thuật của sáng chế.

Tốt hơn nếu các bước của phương pháp được thực hiện theo trình tự đã được thể hiện và mô tả, nhưng theo một số phương án, những khi có thể, các bước này có thể được thực hiện theo trình tự khác nhau hoặc đồng thời.

Các ưu điểm của phương pháp điều khiển nồng độ oxy trong chất làm mát này dựa trên yếu tố sau đây: Thiết bị trao đổi chất và bộ phân tán có hiệu quả (năng suất) khác nhau mà có thể được xác định như tốc độ tăng nồng độ oxy, nghĩa là lượng oxy tăng thêm theo thể tích trên đơn vị thời gian. Thiết bị trao đổi chất có tốc độ hoặc hiệu quả thấp (so với bộ phân tán) trong việc làm tăng nồng độ oxy và có thể được sử dụng, ví dụ, trong các điều kiện vận hành thông thường khi sự sai lệch khỏi trị số ngưỡng và tốc độ suy giảm của nồng độ oxy cần được bù là thấp. Tuy nhiên, bộ phân tán có tốc độ làm tăng nồng độ oxy cao (so với thiết bị trao đổi chất) và có thể được sử dụng, ví dụ, trong các chế độ bất thường (ví dụ, nếu lớp màng oxit bị hư hỏng do các tác động cơ khí, như động đất v.v.) hoặc trong quá trình thụ động hóa các thành lò phản ứng (tạo lớp màng oxit trên các bề mặt của chúng) tại thời điểm bắt đầu vận hành khi tốc độ tiêu thụ oxy, vốn tương ứng với tốc độ suy giảm của nồng độ oxy cần được bù là cao.

Sự phân chia như vậy cho phép, một mặt, điều khiển chính xác nồng độ oxy trong chất làm mát trong các điều kiện bình thường khi sử dụng thiết bị trao đổi chất và, mặt khác, tạo cơ hội làm tăng nồng độ oxy (hoặc bù cho sự sụt giảm mạnh nồng độ oxy) trong các chế độ vận hành bất thường hoặc các chế độ vận hành khác bằng bộ phân tán. Các khả năng này, cả việc điều khiển chính xác nồng độ oxy lẫn làm tăng nó một cách nhanh chóng (bù cho sự sụt giảm mạnh), đều là thiết yếu đối với mức độ an toàn của lò phản ứng.

Ngoài ra, việc phân chia này đối với các thiết bị để làm tăng nồng độ oxy tùy theo tốc độ tăng nồng độ oxy (hiệu quả của việc phun oxy vào chất làm mát) cần thiết sẽ cho phép kéo dài tuổi thọ của thiết bị trao đổi chất mà không cần bổ sung thêm các oxit thành phần của chất làm mát. Đây là một chỉ số khá quan trọng bởi vì

lượng dự trữ các oxit thành phần của chất làm mát trong thiết bị trao đổi chất bị giới hạn bởi kích thước giới hạn của nó, và cũng do việc tiếp cận tới thiết bị trao đổi chất hoặc việc phục hồi nó cần được hạn chế để bảo đảm sự vận hành an toàn của thiết bị lò phản ứng, do bể chứa của lò phản ứng phải được làm kín. Do đó, việc áp dụng hai thiết bị khác nhau để làm tăng thể tích (nồng độ) oxy trong chất làm mát cũng nâng cao mức độ an toàn lò phản ứng nhờ ngăn chặn các sự cố của thiết bị trao đổi chất do cạn kiệt các vật liệu tiêu hao (các oxit pha rắn của các thành phần của chất làm mát) và kéo dài thời gian vận hành an toàn của thiết bị lò phản ứng (mà không phải mở lò phản ứng), vì dự trữ vật liệu tiêu hao trong thiết bị trao đổi chất chỉ bị tiêu thụ trong các điều kiện bình thường khi tốc độ suy giảm nồng độ oxy cần được bù là thấp.

Để thực hiện phương pháp điều khiển thiết bị lò phản ứng nêu trên, hệ thống điều khiển có thể được sử dụng theo sáng chế. Hệ thống điều khiển này, mà hai phương án của nó được thể hiện trên Fig. 6 và 7, bao gồm: mô đun 601 để ước tính nồng độ oxy trong chất làm mát, mô đun 602 để so sánh nồng độ oxy trong chất làm mát với trị số cho phép, mô đun 603 để ước tính mức độ suy giảm nồng độ oxy trong chất làm mát, mô đun 604 để so sánh mức độ suy giảm theo ước tính của nồng độ oxy trong chất làm mát, mô đun 605 để điều khiển thiết bị trao đổi chất và mô đun 606 để điều khiển hệ thống khí và/hoặc bộ phân tán.

Mô đun 601 để ước tính nồng độ oxy trong chất làm mát được làm thích ứng để nhận dữ liệu từ bộ cảm biến nồng độ oxy 110 trong chất làm mát, để ước tính nồng độ oxy trong chất làm mát dựa trên dữ liệu nhận được và truyền trị số ước tính của nồng độ oxy trong chất làm mát tới mô đun 602 để so sánh nồng độ oxy theo ước tính trong chất làm mát với trị số cho phép;

Mô đun 602 để so sánh nồng độ oxy theo ước tính trong chất làm mát với trị số cho phép được làm thích ứng để nhận nồng độ oxy theo ước tính trong chất làm mát từ mô đun 601 để ước tính nồng độ oxy trong chất làm mát và so sánh dữ liệu này với trị số cho phép.

Mô đun 603 để ước tính mức độ suy giảm nồng độ oxy trong chất làm mát được làm thích ứng để ước tính trị số và/hoặc tốc độ suy giảm của nồng độ oxy trong chất làm mát cũng như để truyền trị số và/hoặc tốc độ suy giảm theo ước tính

của nồng độ oxy trong chất làm mát tới mô đun 604 để so sánh mức độ suy giảm theo ước tính của nồng độ oxy trong chất làm mát.

Theo một trong số các phương án, mô đun 603 để ước tính mức độ suy giảm nồng độ oxy trong chất làm mát có thể được làm thích ứng để xác định mức độ suy giảm nồng độ oxy trong chất làm mát. Trong trường hợp này, trị số và/hoặc tốc độ suy giảm theo ước tính của nồng độ oxy trong chất làm mát có thể được truyền tới mô đun 604 để so sánh mức độ suy giảm theo ước tính của nồng độ oxy trong chất làm mát miễn là mô đun 603 để ước tính mức độ suy giảm nồng độ oxy trong chất làm mát đã xác định rằng nồng độ oxy trong chất làm mát đang suy giảm. Khi đó, không cần truyền dữ liệu về sự suy giảm nồng độ oxy trong chất làm mát tới mô đun 604 để so sánh mức độ suy giảm theo ước tính của nồng độ oxy trong chất làm mát, và mô đun 604 để so sánh mức độ suy giảm theo ước tính của nồng độ oxy trong chất làm mát có thể được đưa vào hoạt động và điều khiển sự vận hành của mô đun 605 để điều khiển thiết bị trao đổi chất và mô đun 606 để điều khiển hệ thống khí và/hoặc bộ phân tán (hoặc truyền kết quả xử lý dữ liệu) khi nhận được dữ liệu được chỉ định về mức độ suy giảm nồng độ oxy trong chất làm mát từ mô đun 603.

Theo một phương án khác, trị số và/hoặc tốc độ suy giảm theo ước tính của nồng độ oxy trong chất làm mát có thể được truyền một cách liên tục tới mô đun 604 để so sánh mức độ suy giảm theo ước tính của nồng độ oxy trong chất làm mát. Trong trường hợp này, mô đun 604 để so sánh mức độ suy giảm theo ước tính của nồng độ oxy trong chất làm mát có thể xác định mức độ suy giảm nồng độ oxy dựa trên các giá trị của trị số và/hoặc tốc độ suy giảm theo ước tính của nồng độ oxy trong chất làm mát ở trong khoảng tương ứng (ví dụ, nếu các trị số đặc trưng cho mức độ suy giảm nồng độ oxy trong chất làm mát được truyền, thì các trị số dương của các đặc tính này sẽ tương ứng với sự suy giảm nồng độ, và các trị số âm sẽ tương ứng với sự tăng nồng độ; nếu các trị số đặc trưng cho sự thay đổi nồng độ oxy được truyền, thì các trị số dương của các đặc tính này sẽ tương ứng với sự tăng nồng độ, và các trị số âm sẽ tương ứng với sự suy giảm nồng độ; việc lựa chọn các đặc tính được truyền và khoảng tương ứng sẽ tuân theo mục đích chính của hệ thống này, tức là cải thiện tình huống khi nồng độ oxy trong chất làm mát giảm).

Mô đun 604 để so sánh mức độ suy giảm theo ước tính của nồng độ oxy trong chất làm mát có thể được đưa vào hoạt động và điều khiển việc vận hành mô đun điều khiển thiết bị trao đổi chất và mô đun điều khiển hệ thống khí và/hoặc bộ phân tán (hoặc truyền kết quả xử lý dữ liệu) khi đã được xác định rằng các trị số thu được nằm bên trong khoảng tương ứng với mức độ suy giảm nồng độ oxy.

Theo một phương án khác, trị số và/hoặc tốc độ suy giảm theo ước tính của nồng độ oxy trong chất làm mát có thể được truyền liên tục tới mô đun 604 để so sánh mức độ suy giảm theo ước tính của nồng độ oxy trong chất làm mát, trong khi mô đun 603 để ước tính mức độ suy giảm nồng độ oxy trong chất làm mát được làm thích ứng bổ sung để xác định mức độ suy giảm nồng độ oxy trong chất làm mát và truyền tín hiệu xác định sự suy giảm nồng độ oxy trong chất làm mát tới mô đun 604 để so sánh mức độ suy giảm theo ước tính của nồng độ oxy trong chất làm mát. Khi đó mô đun 604 để so sánh mức độ suy giảm theo ước tính của nồng độ oxy trong chất làm mát có thể được kích hoạt (thực hiện các chức năng của nó) khi nhận được tín hiệu này từ mô đun 603 để ước tính mức độ suy giảm nồng độ oxy trong chất làm mát.

Mô đun 603 để ước tính mức độ suy giảm nồng độ oxy trong chất làm mát cho phép xác định mức độ suy giảm nồng độ oxy trong chất làm mát và các đặc tính của sự suy giảm này dựa trên các chỉ số của bộ cảm biến vi sai vốn cấp các chỉ số dưới dạng dữ liệu chi tiết và được thể hiện trên các hình vẽ. Tuy nhiên, theo phương án ưu tiên, mô đun 603 để ước tính mức độ suy giảm nồng độ oxy trong chất làm mát được làm thích ứng để ước tính trị số và/hoặc tốc độ suy giảm của nồng độ oxy trong chất làm mát (và xác định mức độ suy giảm nồng độ oxy trong chất làm mát nếu được đề xuất) dựa trên trị số ước tính của nồng độ oxy trong chất làm mát nhận được từ mô đun 601 để ước tính nồng độ oxy trong chất làm mát. Kết quả là, số lượng bộ cảm biến được lắp trong lò phản ứng được giảm đi. Theo phương án cuối cùng, trị số ước tính nồng độ oxy trong chất làm mát có thể được truyền tới mô đun 603 trực tiếp từ mô đun 601, như được thể hiện trên Fig. 7, hoặc qua mô đun 602 để so sánh nồng độ oxy theo ước tính trong chất làm mát với trị số cho phép, như được thể hiện trên Fig. 6. Cần lưu ý rằng sự kết nối giữa các mô đun 602 và 603 được thể hiện trên Fig.6 chủ yếu để truyền kết quả so sánh giữa sự đánh

giá nồng độ oxy với trị số cho phép tới mô đun 603, và trị số ước tính nồng độ oxy trong chất làm mát có thể không được truyền (ví dụ, khi mô đun 603 nhận dữ liệu về sự thay đổi nồng độ oxy trong chất làm mát từ bộ cảm biến riêng biệt hoặc thực hiện sự ước tính dựa trên chỉ số của bộ cảm biến 110).

Mô đun 604 để so sánh các trị số ước tính mức độ suy giảm nồng độ oxy trong chất làm mát sẽ so sánh trị số và/hoặc tốc độ suy giảm theo ước tính của nồng độ oxy trong chất làm mát với trị số ngưỡng tương ứng và truyền kết quả so sánh tới mô đun 605 để điều khiển thiết bị trao đổi chất và mô đun 606 để điều khiển hệ thống khí và/hoặc bộ phân tán. Trị số và/hoặc tốc độ suy giảm theo ước tính của nồng độ oxy trong chất làm mát được so sánh với trị số ngưỡng tương ứng, nghĩa là trị số suy giảm nồng độ oxy trong chất làm mát được so sánh với trị số ngưỡng của trị số suy giảm nồng độ oxy trong chất làm mát, và tốc độ suy giảm của nồng độ oxy trong chất làm mát được so sánh với trị số ngưỡng của tốc độ suy giảm của nồng độ oxy trong chất làm mát.

Mô đun 605 để điều khiển thiết bị trao đổi chất có thể kích hoạt thiết bị trao đổi chất 114, nếu nồng độ oxy theo ước tính trong chất làm mát thấp hơn trị số cho phép và nếu trị số và/hoặc tốc độ thay đổi theo ước tính của nồng độ oxy thấp hơn trị số ngưỡng tương ứng.

Mô đun 606 để điều khiển hệ thống khí và/hoặc bộ phân tán có thể kích hoạt hệ thống khí với việc cấp khí chứa oxy vào khoảng không gần chất làm mát và/hoặc kích hoạt bộ phân tán (dựa trên việc cần làm gì để khí chứa oxy bắt đầu phun vào chất làm mát), nếu nồng độ oxy theo ước tính trong chất làm mát thấp hơn trị số cho phép và nếu trị số và/hoặc tốc độ thay đổi theo ước tính của nồng độ oxy cao hơn trị số ngưỡng tương ứng. Để kích hoạt hệ thống khí này, mô đun 606 có thể điều khiển các van cách ly và các bơm nằm trong hệ thống khí.

Ngoài ra, mô đun 605 để điều khiển thiết bị trao đổi chất có thể giải kích hoạt thiết bị trao đổi chất, và mô đun 606 để điều khiển hệ thống khí và bộ phân tán có thể giải kích hoạt bộ phân tán và/hoặc dừng cấp khí chứa oxy vào khoảng không gần chất làm mát từ hệ thống khí (hoặc có thể cấp khí không chứa oxy vào khoảng không gần chất làm mát từ hệ thống khí) khi nồng độ oxy theo ước tính trong chất làm mát bằng hoặc vượt quá trị số cho phép.

Fig. 6 thể hiện cấu trúc tuyến tính của thiết bị điều khiển thiết bị lò phản ứng khi tín hiệu và dữ liệu được truyền từ mô đun này tới mô đun tiếp theo, từ mô đun tiếp theo tới mô đun kế tiếp và cứ như vậy (ngoại trừ các mô đun 605 và 606 vốn được nối trực tiếp tới thiết bị trao đổi chất 114 và hệ thống khí và/hoặc bộ phân tán 112 và điều khiển việc vận hành chúng). Trong trường hợp này, các mô đun từ 601 đến 604 xử lý dữ liệu chỉ có thể truyền các kết quả xử lý của chính chúng dựa trên dữ liệu thu được từ mô đun trước đó hoặc bộ cảm biến, hoặc có thể truyền tất cả dữ liệu thu được từ mô đun trước đó hoặc bộ cảm biến cùng với kết quả xử lý của chính chúng tới mô đun tiếp theo. Theo phương án này, các mô đun 605 và 606 có thể nhận các tín hiệu từ mô đun 604 về việc kích hoạt/giải kích hoạt các thiết bị tương ứng, các tín hiệu cho phép/không cho phép kích hoạt/giải kích hoạt các thiết bị tương ứng (ví dụ, dưới dạng nhị phân) hoặc các tín hiệu chỉ báo mức độ hoặc phạm vi kích hoạt cần thiết đối với các thiết bị tương ứng có thể có trị số từ bằng không tới cực đại.

Fig. 7 thể hiện cấu trúc song song của thiết bị điều khiển khi các mô đun 601 và 603 truyền các kết quả xử lý của chính chúng tới các mô đun 602 và 604 để so sánh với các trị số ngưỡng cho trước (như được thể hiện trên Fig. 7; mô đun 601 cũng có thể truyền kết quả xử lý của chính nó tới mô đun 603, nhưng điều này là không cần thiết), và các kết quả xử lý của các mô đun 602 và 604 được truyền tới các mô đun 605 và 606 để được so sánh tiếp và cho phép kích hoạt/giải kích hoạt các thiết bị tương ứng. Để kích hoạt/giải kích hoạt thiết bị tương ứng thì cần có dữ liệu về mức độ suy giảm nồng độ oxy trong chất làm mát xuống dưới trị số cho phép (dữ liệu này được truyền từ mô đun 602), cũng như dữ liệu về trị số /tốc độ suy giảm của nồng độ oxy trong chất làm mát (dữ liệu này được truyền từ mô đun 604).

Ngoài ra, việc vận hành phù hợp thiết bị (hệ thống) điều khiển theo sáng chế đòi hỏi dữ liệu về mức độ suy giảm nồng độ oxy trong chất làm mát và khả năng của các mô đun 605 và 606 thu được dữ liệu này từ dữ liệu về trị số/tốc độ suy giảm của nồng độ oxy trong chất làm mát nhận được từ mô đun 604, để nhận được thông tin về sự suy giảm nồng độ oxy trong chất làm mát với các đặc tính của sự suy giảm này từ mô đun 604, hoặc để nhận dữ liệu về sự suy giảm nồng độ oxy

trong chất làm mát từ mô đun 603 (phương án sau được thể hiện trên Fig. 7). Theo phương án của thiết bị điều khiển được thể hiện trên Fig.7, các mô đun 605 và 606 không chỉ điều khiển các thiết bị chấp hành (thiết bị trao đổi chất, hệ thống khí (cụ thể là các van và các bơm của hệ thống này), bộ phân tán), mà còn phân tích dữ liệu thu được và đưa ra quyết định dựa trên dữ liệu này.

Cấu trúc của thiết bị điều khiển (hệ thống điều khiển) theo sáng chế có thể có các cấu hình khác mà có thể kết hợp các lựa chọn trung gian nêu trên hoặc các lựa chọn thu được bằng cách loại trừ hoặc thay thế. Các sơ đồ kết cấu được thể hiện trên Fig. 6 và Fig. 7 cũng như sơ đồ khối của phương pháp điều khiển được thể hiện trên Fig. 5, các phương án của thiết bị lò phản ứng và các thiết bị được thể hiện trên các hình vẽ từ Fig. 1 đến Fig. 4 được thể hiện chỉ nhằm mục đích minh họa và không thể giới hạn phạm vi bảo hộ của sáng chế. Mọi hành động, đối tượng, mô đun, bộ phận, thiết bị và thuộc tính khác được mô tả một cách đơn độc cũng có thể được coi là đã sử dụng nếu chúng có thể là một số trong thiết bị hoặc phương pháp, và ngược lại, nếu được mô tả ở số nhiều, một đối tượng hoặc hành động có thể là đủ để sử dụng thuộc tính này.

Hệ thống điều khiển có thể là tự động, nghĩa là hệ thống này có thể đưa ra và thực hiện tất cả các quyết định một cách độc lập dựa trên dữ liệu thu được và được xử lý bởi hệ thống. Việc vận hành tự động này tạo ra chu trình khép kín bao gồm chất làm mát chứa oxy, bộ cảm biến nồng độ oxy, các mô đun xử lý và ra quyết định, các mô đun để điều khiển các thiết bị chấp hành vốn ảnh hưởng đến chất làm mát; các kết quả của hiệu ứng này được ước tính lại bằng cách sử dụng các bộ cảm biến nồng độ oxy và các quyết định về việc điều khiển nồng độ oxy trong chất làm mát lại được đưa ra.

Ưu điểm của cách điều khiển tự động nồng độ oxy trong chất làm mát này là có thể không cần đến sự tham gia của nhân viên có trình độ chuyên môn trong việc điều khiển thiết bị lò phản ứng. Tuy nhiên, điều này có thể gây ra nguy cơ là các điều kiện hoạt động của thiết bị lò phản ứng vượt quá các giới hạn cho phép do tính khép kín của chu trình điều khiển trong trường hợp phản hồi dương không giới hạn, trong đó nỗ lực điều khiển sự sai lệch không mong muốn của thông số sẽ dẫn đến sự sai lệch lớn hơn của thông số này theo chiều hướng không mong muốn (điều này

có thể xảy ra do sự không hoàn thiện của thuật toán xử lý và lỗi thiết bị).

Theo một phương án khác, hệ thống điều khiển nồng độ oxy trong chất làm mát có thể được thực hiện với nhân viên liên quan đến xử lý dữ liệu và/hoặc ra quyết định. Phương án này cần có sự tham gia của các chuyên gia trình độ cao. Điều này bảo đảm sự xem xét tất cả các thông số có thể và loại trừ việc chuyển thiết bị lò phản ứng sang các chế độ vận hành nguy hiểm hoặc tới hạn, bởi vì con người, trái ngược với thiết bị tự động, có thể theo cách phù hợp ước tính tình huống hiện tại và thay đổi kế hoạch hành động có tính đến các vấn đề về an toàn và vận hành dài hạn.

Để cho phép nhân viên vận hành nhận dữ liệu và tương tác với hệ thống điều khiển, thiết bị lò phản ứng có thể có bảng điều khiển được trang bị các phương tiện chỉ báo chẳng hạn các chỉ báo bằng ánh sáng (các bảng ánh sáng, màn hình, bảng thông tin v.v.), các chỉ báo bằng âm thanh (loa, chuông, các hệ thống báo động v.v.) và các phương tiện khác, chẳng hạn các màn hình cảm ứng. Hơn nữa, bảng điều khiển có thể được trang bị các thiết bị nhập để yêu cầu thông tin cần thiết, thử nghiệm và nhập các lệnh điều khiển. Các thiết bị nhập có thể là nút bấm, công tắc lật, cần gạt, bàn phím, bộ cảm biến, bàn điều khiển chạm, bi xoay, chuột, bảng cảm biến và các thiết bị nhập khác đã biết từ tình trạng kỹ thuật của sáng chế. Khi xét đến sự phong phú của thiết bị thông tin, thì bảng điều khiển có thể được mở rộng, để nhân viên vận hành sử dụng bảng này thuận tiện hơn. Thiết bị này có thể bao gồm ghế có bánh xe để ngoài việc tạo tiện nghi trong vận hành còn bảo đảm sự tiếp cận nhanh chóng và dễ dàng tới các phần xa của bảng điều khiển và người vận hành có thể dễ dàng rời khỏi vị trí hiện tại và nhanh chóng đến vị trí mong muốn nhờ chuyển động tịnh tiến của việc lăn ghế.

Tuy nhiên, cần lưu ý rằng cả hai phương án của hệ thống điều khiển, phương án tự động và phương án có nhân viên, đều có các nhược điểm nhất định. Việc điều khiển thủ công có thể có nhược điểm như tốc độ xử lý dữ liệu và ra quyết định bởi người nhân viên là thấp so với các yêu cầu của thiết bị lò phản ứng. Mặt khác, hệ thống điều khiển hoàn toàn tự động có thể không an toàn trong trường hợp có sự cố hoặc thuật toán xử lý dữ liệu không hoàn chỉnh. Kết quả là, phương án kết hợp của hệ thống điều khiển có thể được thực hiện, nghĩa là việc xử lý dữ liệu và điều khiển

được thực hiện ở chế độ tự động, nhưng dữ liệu được hiển thị bằng cách sử dụng phương tiện chỉ báo và, nếu thông số bất kỳ vượt quá giới hạn cho phép (hoặc tiệm cận tới giới hạn cho phép) hoặc khi có bất kỳ nhu cầu nào thì nhân viên có trình độ chuyên môn có thể điều chỉnh sự vận hành của hệ thống điều khiển tự động hoặc điều khiển thủ công.

Các mô đun của hệ thống điều khiển có thể được thực hiện bằng phần cứng trên cơ sở các thành phần điện tử rời, các vi mạch tích hợp, các bộ vi xử lý, các khối, các giá v.v. Hệ thống điều khiển có thể là tương tự, số hoặc kết hợp. Các mô đun mà được nối điện tới thiết bị được bố trí trong lò phản ứng hoặc trong bảng điều khiển và điều khiển sự vận hành của chúng hoặc xử lý dữ liệu có thể bao gồm các bộ biến đổi điện áp, dòng điện, tần số, các tín hiệu tương tự sang tín hiệu số và ngược lại, các bộ dẫn động, các nguồn dòng điện hoặc điện áp và các linh kiện điều khiển. Tất cả các thành phần này và các mô đun có thể được bố trí trên một hoặc một vài tấm lắp, có thể dùng chung bảng hoặc bộ phận hoặc được phân cách một cách tương ứng, hoặc có thể được thực hiện và được lắp mà không sử dụng các tấm lắp.

Các mô đun của hệ thống điều khiển cũng có thể được thực hiện bằng phần mềm. Nhằm mục đích này, các vi mạch tích hợp với logic lập trình, các bộ điều khiển, bộ xử lý và các máy tính có thể được sử dụng như phần cứng; trong khi phần mềm sẽ bao gồm các chương trình với các lệnh và mã được thực thi bởi các vi mạch, bộ điều khiển, bộ xử lý, máy tính v.v. nêu trên, được nối tới các thiết bị của lò phản ứng. Các chương trình này sẽ được lưu trong các bộ nhớ có thể được thực hiện dưới các dạng khác nhau đã biết từ tình trạng kỹ thuật của sáng chế và có thể là vật mang dữ liệu đọc được bởi máy tính: bộ nhớ chỉ đọc, đĩa cứng và đĩa mềm, đĩa quang, bộ nhớ nhanh, bộ nhớ khung v.v.. Các chương trình này có thể bao gồm các chuỗi mã hoặc lệnh để thực hiện phương pháp và thuật toán theo sáng chế, toàn bộ hoặc một phần. Các vi mạch, các bộ điều khiển, bộ xử lý và máy tính có thể được nối tới các thiết bị nhập/xuất vốn có thể được bố trí riêng rẽ hoặc được bao gồm trong bảng điều khiển. Các mô đun riêng biệt của hệ thống điều khiển có thể là các mô đun phần mềm hoặc được kết hợp vào một hoặc một vài chương trình cũng như vào một hoặc một vài gói hoặc thành phần phần mềm.

Hệ thống điều khiển và các mô đun của nó có thể được thực hiện cả dưới dạng phần cứng lẫn dưới dạng phần mềm, nghĩa là một phần các mô đun hoặc tất cả các mô đun có thể được thực hiện như phần cứng, và một phần các mô đun hoặc các thiết bị điều khiển có thể được tạo ra dưới dạng phần mềm. Theo phương án ưu tiên, các mô đun điều khiển của thiết bị lò phản ứng (thiết bị trao đổi chất, hệ thống khí, bộ phân tán) và các mô đun để biến đổi của các bộ cảm biến có thể được tạo ra dưới dạng phần cứng, và các mô đun để xử lý dữ liệu và các lệnh, hiển thị thông tin và điều khiển các thông số xử lý (chẳng hạn ngưỡng và các trị số cho phép) có thể được thực hiện dưới dạng phần mềm trên cơ sở máy tính, bộ xử lý hoặc bộ điều khiển. Ngoài ra, các mạch tích hợp chuyên dụng có thể được tạo ra. Các mạch này sẽ chứa tất cả các linh kiện phần cứng cần thiết với các chương trình hoặc các thông số xử lý dữ liệu được tải xuống vào các mạch này.

Theo phương án được ưu tiên, tất cả các linh kiện điện tử và linh kiện khác và các thành phần sẽ được tạo ra dưới dạng chịu phóng xạ để cho phép vận hành các thành phần và khả năng hoạt động của toàn bộ hệ thống như một phần của thiết bị lò phản ứng hạt nhân, vốn có thể là nguồn phóng xạ ion hóa, và để duy trì khả năng điều khiển hoạt động của lò phản ứng ngay cả trong các điều kiện sự cố và ngăn ngừa các hậu quả bất lợi có thể xảy ra, nhờ đó bảo đảm được mức độ an toàn cao và kéo dài tuổi thọ vận hành của thiết bị này.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp điều khiển nồng độ oxy trong chất làm mát của thiết bị lò phản ứng bao gồm lò phản ứng, chất làm mát (104) được bố trí trong lò phản ứng (101), hệ thống khí (108) có đầu ra vào khoảng không (106) gần chất làm mát của lò phản ứng này, thiết bị trao đổi chất (114) được lắp trong chất làm mát, vốn chứa các oxit pha rắn của chất làm mát và được làm thích ứng với dòng chảy của chất làm mát qua nó, bộ phân tán (112) được lắp một phần trong chất làm mát và một phần trong khoảng không gần chất làm mát và được làm thích ứng để cấp khí từ khoảng không gần chất làm mát vào chất làm mát, và cảm biến nồng độ oxy (110) trong chất làm mát, phương pháp này bao gồm các bước:

- ước tính (502) nồng độ oxy trong chất làm mát dựa vào dữ liệu thu được từ cảm biến nồng độ oxy trong chất làm mát;

- so sánh (503) nồng độ oxy theo ước tính trong chất làm mát với trị số cho phép;

- ước tính (504) sự thay đổi nồng độ oxy trong chất làm mát;

- nếu sự thay đổi theo ước tính của nồng độ oxy trong chất làm mát cho thấy sự suy giảm nồng độ, thì trị số và/hoặc tốc độ suy giảm với trị số ngưỡng tương ứng được so sánh (506);

- nếu nồng độ oxy theo ước tính trong chất làm mát thấp hơn trị số cho phép và trị số và/hoặc tốc độ suy giảm theo ước tính của nồng độ oxy thấp hơn trị số ngưỡng tương ứng, thì thiết bị trao đổi chất được kích hoạt (507);

- nếu nồng độ oxy theo ước tính trong chất làm mát thấp hơn trị số cho phép và trị số và/hoặc tốc độ suy giảm theo ước tính của nồng độ oxy cao hơn trị số ngưỡng tương ứng, thì cấp khí chứa oxy từ hệ thống khí vào khoảng không gần chất làm mát và/hoặc bộ phân tán được kích hoạt (508).

2. Phương pháp theo điểm 1, khác biệt ở chỗ, nếu sau khi kích hoạt thiết bị trao đổi chất hoặc cấp khí chứa oxy, và kích hoạt bộ phân tán, mà nồng độ theo ước tính của oxy trong chất làm mát bằng hoặc vượt quá trị số cho phép thì thiết bị trao đổi chất hoặc bộ phân tán sẽ được giải kích hoạt và/hoặc việc cấp khí chứa oxy từ hệ thống khí vào khoảng không gần chất làm mát sẽ được dừng lại.

3. Phương pháp theo điểm 2, khác biệt ở chỗ, ngoài việc dùng cấp khí chứa oxy từ hệ thống khí vào khoảng không gần chất làm mát thì khí không chứa oxy được cấp từ hệ thống khí vào khoảng không gần chất làm mát.

4. Hệ thống điều khiển nồng độ oxy trong chất làm mát của thiết bị lò phản ứng bao gồm lò phản ứng, chất làm mát trong lò phản ứng, hệ thống khí có đầu ra vào khoảng không gần chất làm mát của lò phản ứng, thiết bị trao đổi chất được lắp trong chất làm mát, vốn chứa các oxit pha rắn của chất làm mát và được làm thích ứng với dòng chảy của chất làm mát qua nó, bộ phân tán được lắp một phần trong chất làm mát và một phần trong khoảng không gần chất làm mát và được làm thích ứng để cấp khí từ khoảng không gần chất làm mát vào chất làm mát, và cảm biến nồng độ oxy trong chất làm mát,

hệ thống điều khiển này còn bao gồm:

mô đun (601) được bố trí để ước tính nồng độ oxy trong chất làm mát được làm thích ứng để nhận dữ liệu từ cảm biến nồng độ oxy trong chất làm mát, để ước tính nồng độ oxy trong chất làm mát dựa vào dữ liệu nhận được và truyền trị số ước tính nồng độ oxy trong chất làm mát tới mô đun so sánh nồng độ oxy theo ước tính trong chất làm mát với trị số cho phép;

mô đun (602) được bố trí để so sánh nồng độ oxy theo ước tính trong chất làm mát với trị số cho phép được làm thích ứng để nhận nồng độ oxy theo ước tính trong chất làm mát từ mô đun ước tính nồng độ oxy trong chất làm mát và so sánh nó với trị số cho phép;

mô đun (603) được bố trí để ước tính mức độ suy giảm nồng độ oxy trong chất làm mát được làm thích ứng để ước tính trị số và/hoặc tốc độ suy giảm của nồng độ oxy trong chất làm mát cũng như để truyền trị số và/hoặc tốc độ suy giảm theo ước tính của nồng độ oxy trong chất làm mát tới mô đun so sánh mức độ suy giảm theo ước tính của nồng độ oxy trong chất làm mát;

mô đun (604) được bố trí để so sánh mức độ suy giảm theo ước tính của nồng độ oxy trong chất làm mát được làm thích ứng để nhận trị số và/hoặc tốc độ suy giảm theo ước tính của nồng độ oxy trong chất làm mát và để so sánh nó với trị số ngưỡng tương ứng;

mô đun điều khiển thiết bị trao đổi chất (605) được thiết kế để kích hoạt thiết bị trao đổi chất, nếu nồng độ oxy theo ước tính trong chất làm mát thấp hơn trị số cho phép và nếu trị số và/hoặc tốc độ thay đổi theo ước tính của nồng độ oxy thấp hơn trị số ngưỡng tương ứng;

mô đun điều khiển hệ thống khí và/hoặc bộ phân tán (606) được thiết kế để kích hoạt hệ thống khí với việc cấp khí chứa oxy vào khoảng không gần chất làm mát và/hoặc kích hoạt bộ phân tán, nếu nồng độ oxy theo ước tính trong chất làm mát thấp hơn trị số cho phép và nếu trị số và/hoặc tốc độ thay đổi theo ước tính của nồng độ oxy cao hơn trị số ngưỡng tương ứng.

5. Hệ thống theo điểm 4, khác biệt ở chỗ, mô đun ước tính mức độ suy giảm nồng độ oxy trong chất làm mát được làm thích ứng để ước tính trị số và/hoặc tốc độ suy giảm của nồng độ oxy trong chất làm mát dựa trên nồng độ oxy theo ước tính trong chất làm mát nhận được từ mô đun ước tính nồng độ oxy trong chất làm mát.

6. Hệ thống theo điểm 4, khác biệt ở chỗ, mô đun so sánh mức độ suy giảm theo ước tính của nồng độ oxy trong chất làm mát được làm thích ứng để xác định mức độ suy giảm nồng độ oxy trong chất làm mát và truyền thông tin này tới mô đun so sánh mức độ suy giảm theo ước tính của nồng độ oxy trong chất làm mát và/hoặc tới mô đun điều khiển thiết bị trao đổi chất và mô đun điều khiển hệ thống khí và/hoặc bộ phân tán.

7. Hệ thống theo điểm 4, khác biệt ở chỗ, mô đun điều khiển thiết bị trao đổi chất được làm thích ứng để giải kích hoạt thiết bị trao đổi chất và mô đun điều khiển hệ thống khí và bộ phân tán và/hoặc mô đun này dừng việc cấp khí chứa oxy từ hệ thống khí vào khoảng không gần chất làm mát, nếu nồng độ oxy theo ước tính trong chất làm mát bằng hoặc vượt quá trị số cho phép.

8. Hệ thống theo điểm 7, khác biệt ở chỗ, mô đun điều khiển hệ thống khí và bộ phân tán được làm thích ứng để cấp khí không chứa oxy từ hệ thống khí vào khoảng không gần chất làm mát.

9. Thiết bị lò phản ứng hạt nhân bao gồm:

lò phản ứng,

chất làm mát trong lò phản ứng,

hệ thống khí có đầu ra vào khoảng không gần chất làm mát của lò phản ứng,

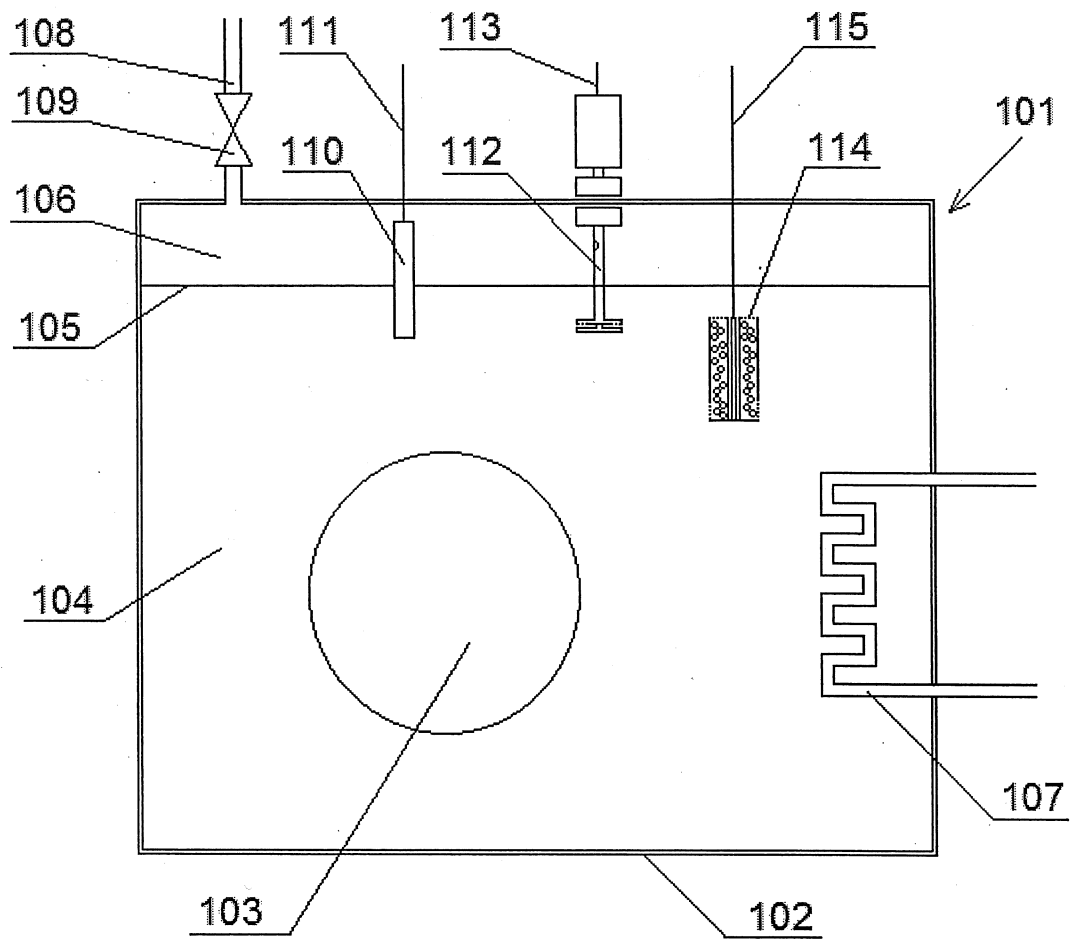
thiết bị trao đổi chất được lắp trong chất làm mát, vốn chứa các oxit pha rắn của chất làm mát và được làm thích ứng để chất làm mát chảy qua nó,

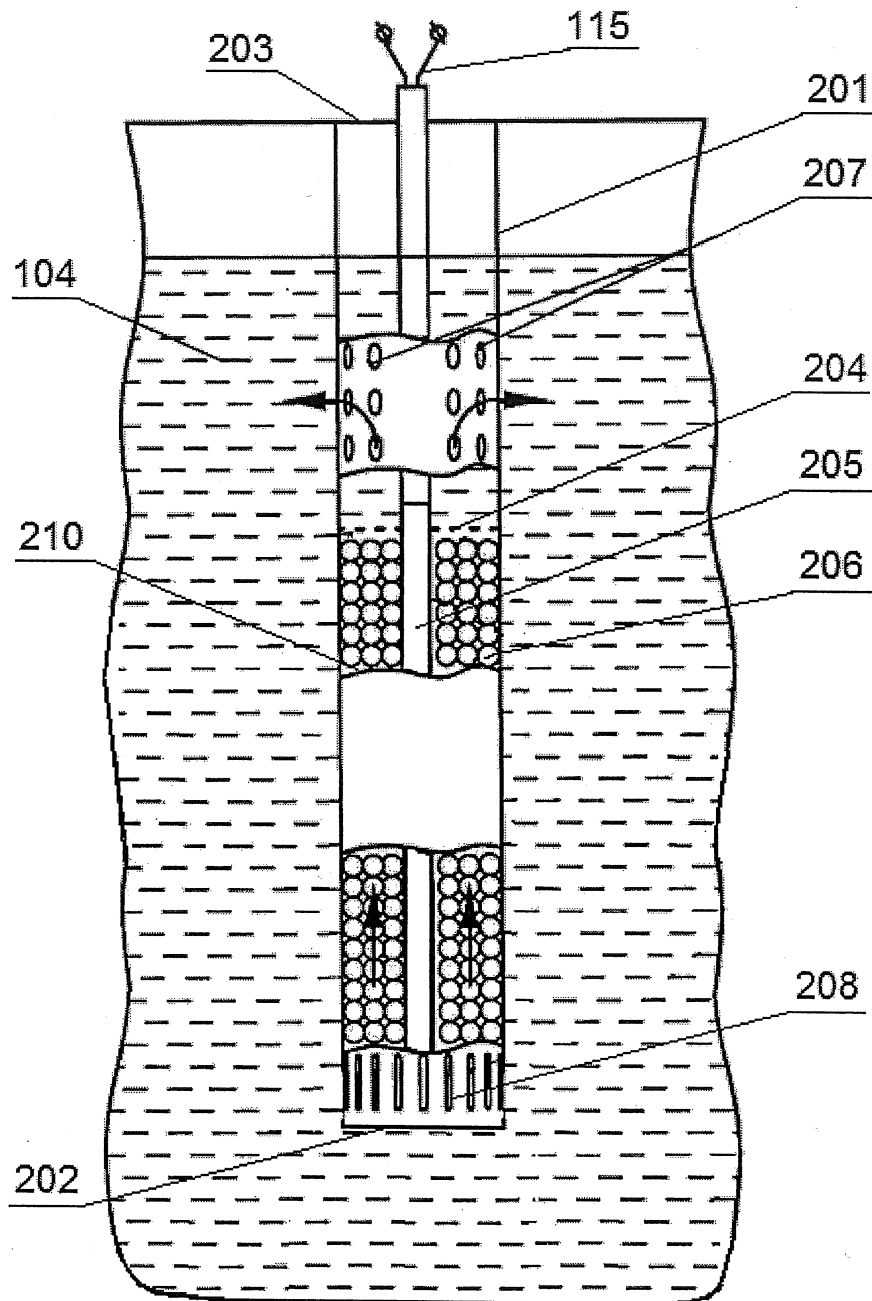
bộ phân tán được lắp một phần trong chất làm mát và một phần trong khoảng không gần chất làm mát và được làm thích ứng để cấp khí từ khoảng không gần chất làm mát vào chất làm mát,

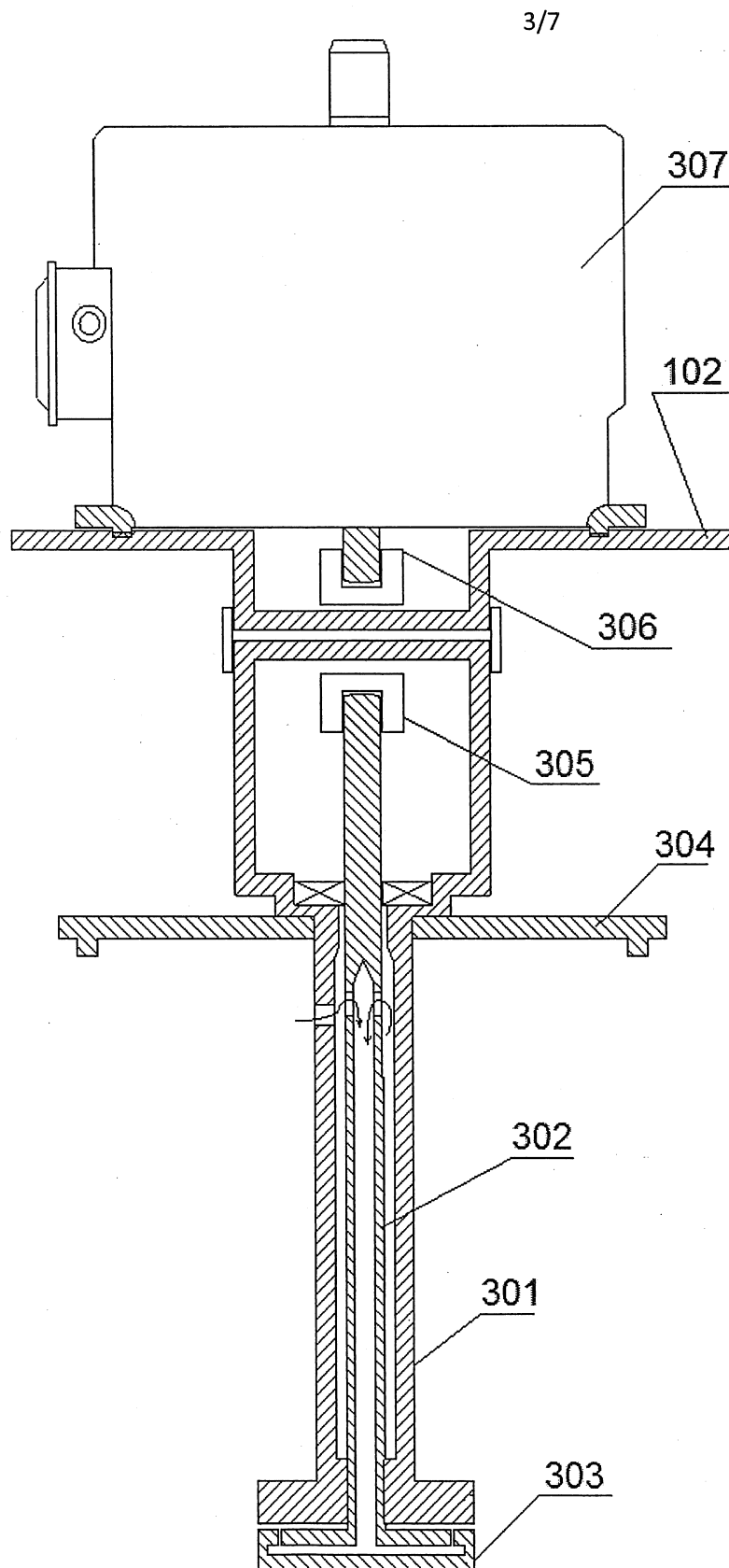
cảm biến nồng độ oxy trong chất làm mát,

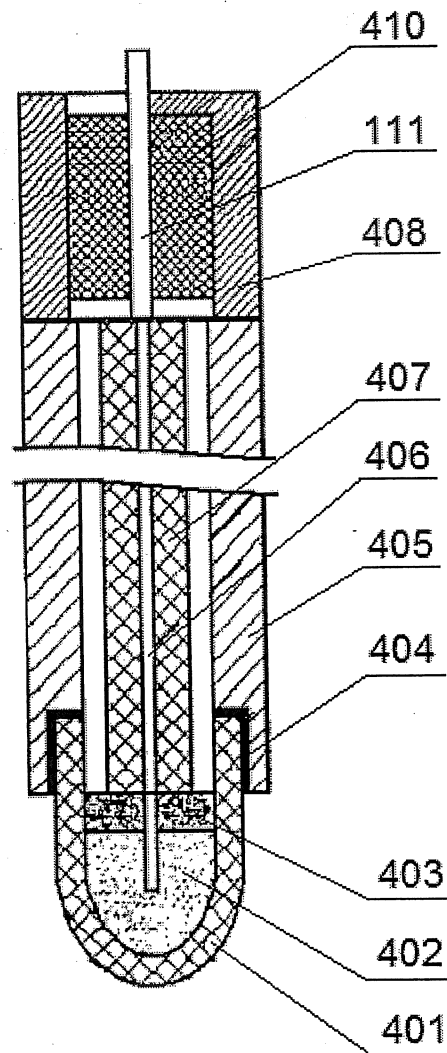
trong đó thiết bị lò phản ứng này có hệ thống theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 4 đến 8.

1/7

**Fig. 1**

**Fig. 2**

**Fig. 3**

**Fig. 4**

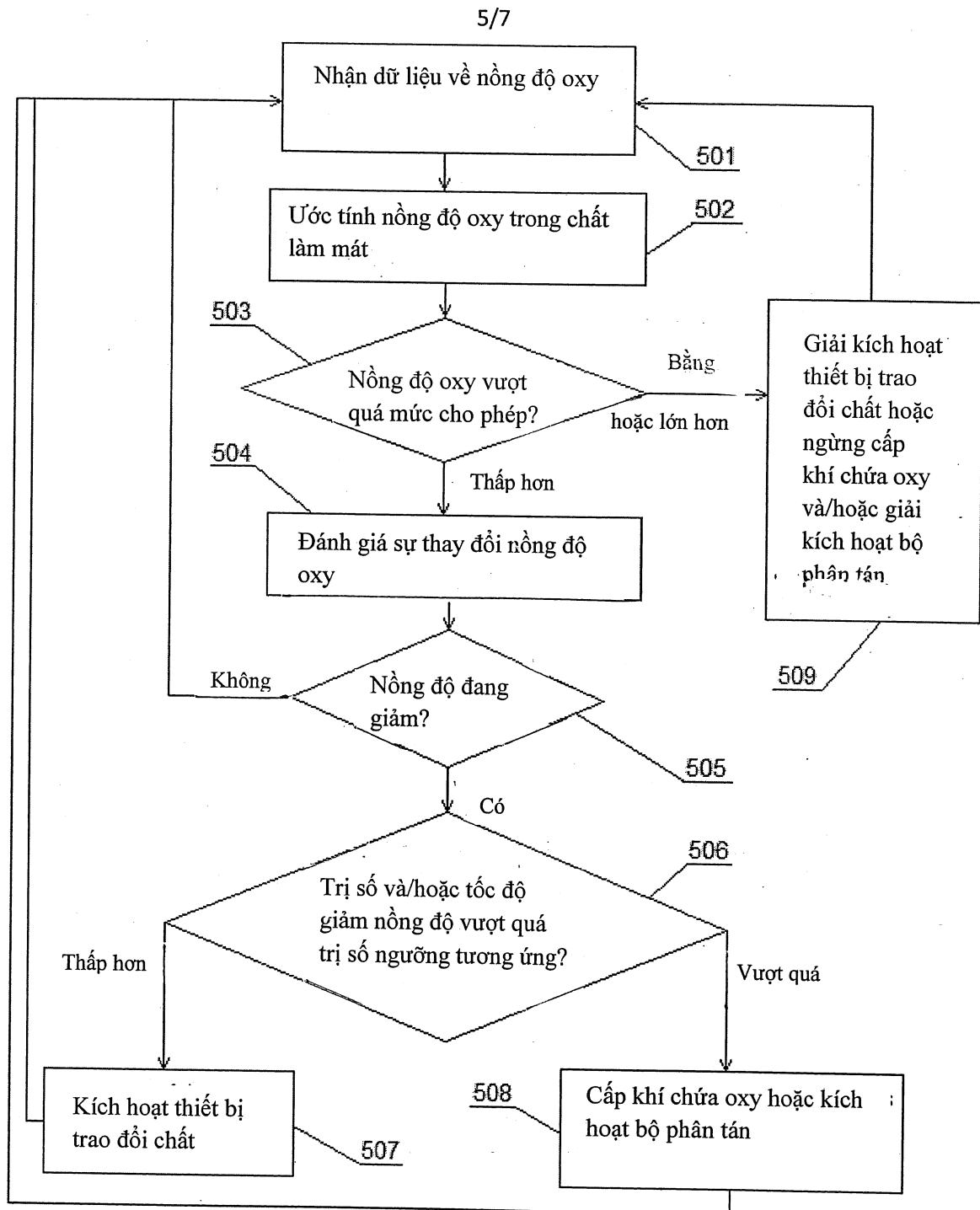
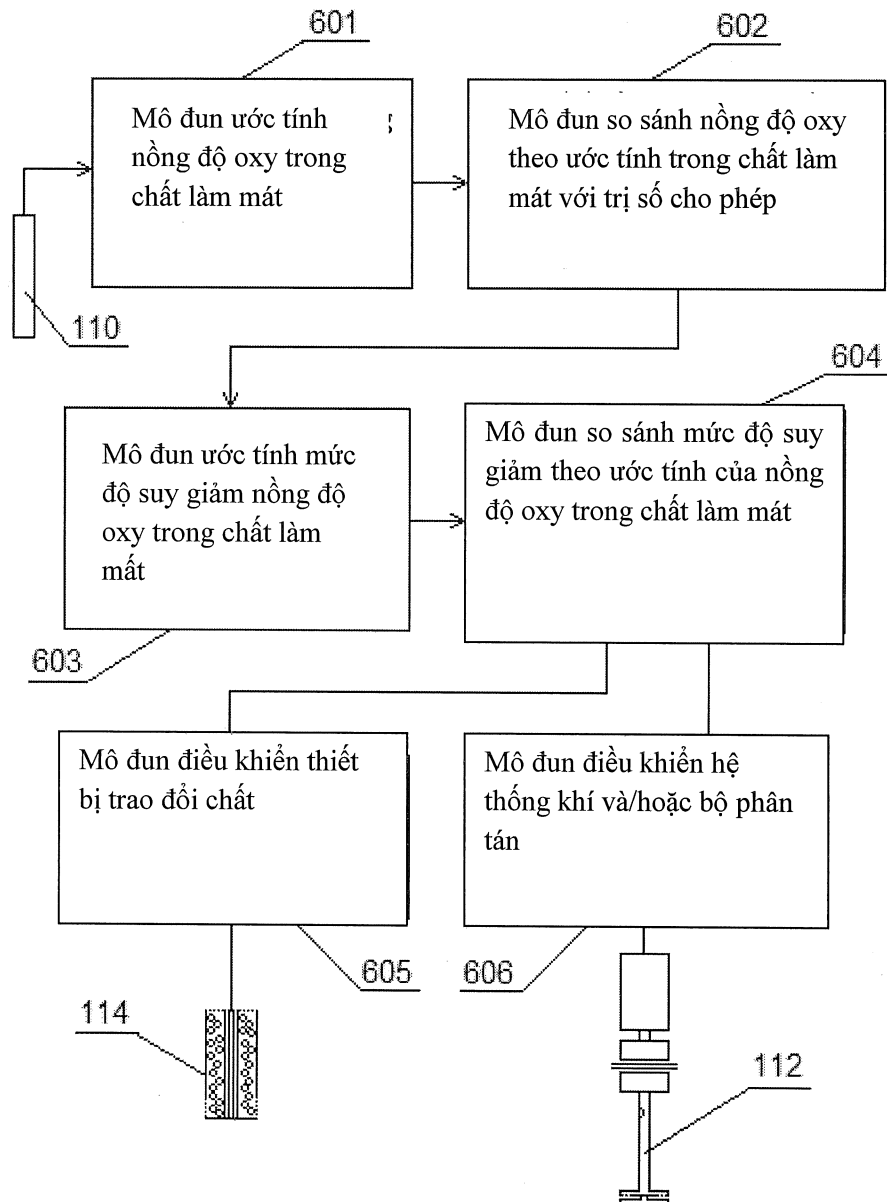
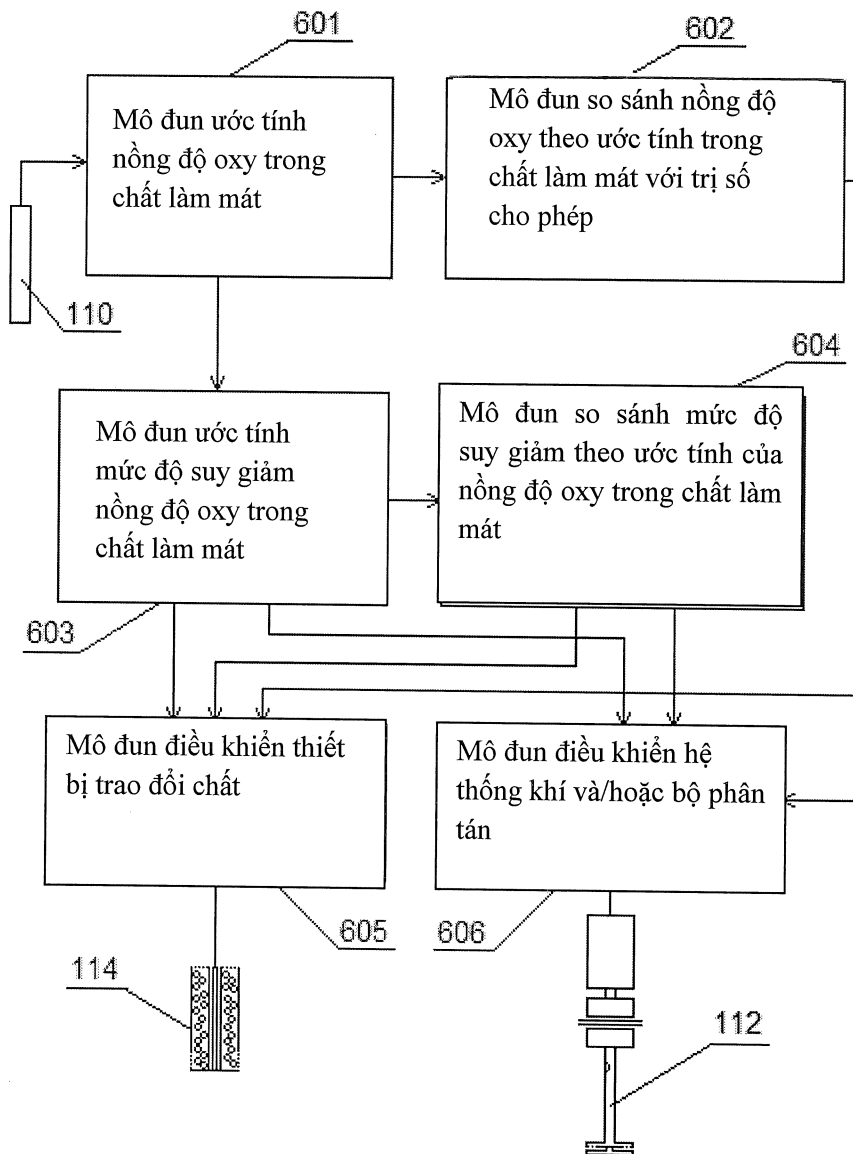


Fig. 5

**Fig. 6**

**Fig. 7**