



- (12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ
(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN) (11) 
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ
1-0044830
(51)^{2020.01} **G21C 3/334**; G21C 3/20; G21C 21/02; (13) **B**
G21C 3/07
-

- (21) 1-2021-08170 (22) 15/07/2019
(86) PCT/RU2019/000502 15/07/2019 (87) WO2021/010852 21/01/2021
(45) 25/04/2025 445 (43) 27/06/2022 411A
(71) 1. Publichnoe Aktsionernoe Obshchestvo "Novosibirsky Zavod Khimkotsentratov"
(PAO NZHK) (RU)
ul. B. Khmelnitskogo, 94 g. Novosibirsk, 630110 Russia
2. Science and Innovations - Nuclear Industry Scientific Development, Private
Enterprise (RU)
B. Ordynka street, 24, et. 8, kab. 820, Moscow, 119017, Russia Federation
(72) Elena Vasilyevna YUDINA (RU); Evgeny Gennadyevich ZELENKOV (RU);
Alexander Vladimirovich STRUKOV (RU); Sergei Anatolyevich BUIMOV (RU);
Anatoly Savvich TLUSTY (RU); Rasim Farmanogly MUSTAFAEV (RU).
(74) Văn phòng Luật sư Ân Nam (ANNAM IP & LAW)
-

- (54) PHƯƠNG PHÁP SẢN XUẤT BÓ NHIÊN LIỆU CHO Lò PHẢN ỨNG HẠT
NHÂN

(21) 1-2021-08170

(57) Sáng chế thuộc lĩnh vực năng lượng hạt nhân và có thể được sử dụng tại các doanh nghiệp để sản xuất các bó nhiên liệu (BNL), dùng chủ yếu cho các lò phản ứng năng lượng nước - nước và có chất tải nhiệt kim loại lỏng.

Bản chất sáng chế: trong phương pháp lắp ráp các thanh nhiên liệu thành bó nhiên liệu có bước sản xuất và kiểm tra các thanh nhiên liệu, phủ lớp phủ bảo vệ cho từng thanh nhiên liệu, lắp ráp các thanh nhiên liệu đã xong thành bó nhiên liệu, cố định phần đầu và phần đuôi bó nhiên liệu, rửa sạch lớp phủ bảo vệ và làm khô, bước phủ lớp phủ bảo vệ và lắp ráp các thanh nhiên liệu thành bó nhiên liệu được kết hợp với nhau, sử dụng chất bôi trơn tan trong nước có thành phần gồm alkylphenol được oxyethyl hóa và các axit béo không bão hòa đơn làm lớp phủ bảo vệ, chất này trong quá trình lắp ráp các thanh nhiên liệu thành bó nhiên liệu trên giá lắp ráp được bôi lên bề mặt thanh nhiên liệu đang di chuyển theo chiều ngang dọc theo trục của thanh đến các ô của lưới đệm, thông qua thiết bị để phủ lớp phủ bảo vệ được lắp trên giá lắp ráp. Bước rửa lớp phủ bảo vệ được thực hiện nhờ các vòi phun nước áp lực ở nhiệt độ phòng.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế thuộc lĩnh vực năng lượng hạt nhân và có thể được sử dụng tại các doanh nghiệp để sản xuất các bó nhiên liệu (BNL), chủ yếu dùng cho các lò phản ứng hạt nhân làm mát bằng nước và làm mát bằng kim loại lỏng.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Như đã biết, quy trình sản xuất các bó nhiên liệu bao gồm bước lắp ráp các thanh nhiên liệu đã chế tạo xong thành bó bằng cách đẩy chúng qua các ô đồng trục thuộc lưới đệm được bố trí song song với nhau và cùng với các kênh dẫn tạo khung bó nhiên liệu (tham khảo B.A. Dementyev. Lò phản ứng hạt nhân. - M., Energoatomizdat, 1990, trang 42-44). Thanh nhiên liệu là thanh cấu trúc quan trọng nhất và chịu áp lực lớn nhất của vùng hoạt lò phản ứng hạt nhân. Đảm bảo độ tin cậy, duy trì độ kín của vỏ bao thanh nhiên liệu, và cố định chắc chắn chúng vào khung trong quá trình lắp ráp bó nhiên liệu giúp đảm bảo độ tin cậy và an toàn vận hành cho các bó nhiên liệu và toàn bộ lò phản ứng.

Như đã biết, hợp kim kim zirconium dùng để chế tạo vỏ bao thanh nhiên liệu, dễ bị ăn mòn, đặc biệt là ở những vị trí bị hư hại bề mặt - bị trầy, xước (tham khảo Metallurgiya tsirkoniya (bản dịch từ tiếng Anh), biên tập Meerson G.A. và Gagarinsky Yu.A. – M: Nhà xuất bản “Văn học nước ngoài”, 1959, trang 298). Để tránh làm hỏng bề mặt thanh nhiên liệu, trong quá trình lắp ráp chúng vào khung bó nhiên liệu, chúng sẽ được phủ màng bảo vệ.

Một trong những phương pháp sản xuất bó nhiên liệu cho lò phản ứng hạt nhân đã biết bao gồm bước xử lý bề mặt thanh nhiên liệu được phủ zirconium, theo đó quá trình xử lý bề mặt thanh nhiên liệu với sự tạo thành màng được thực hiện bằng cách nhúng và giữ các thanh nhiên liệu theo chiều thẳng đứng trong dung dịch nóng của vecni polyvinyl hòa tan trong nước, sau đó chúng được phủ thêm bằng dung dịch nước glycerin và lớp màng này bị loại bỏ đi trước khi đóng gói bó nhiên liệu bằng hơi nước sôi trong nước nóng (tham khảo Bằng sáng chế Liên bang Nga số 2265903, công bố ngày 10/12/2005. Quyển Số 34), nhược điểm của phương pháp này là chiều dày không đồng đều của lớp phủ vec-ni được phủ dọc theo

chiều dài bề mặt thanh nhiên liệu do chúng bị nhúng và giữ thẳng đứng, dẫn đến lớp phủ trên cùng của thanh nhiên liệu bị mỏng, từ đó làm giảm đặc tính bảo vệ của lớp phủ; tốn chi phí cũng như phức tạp trong việc chế tạo dung dịch vec-ni polyvinyl hòa tan trong nước, kết quả là tính gia công thấp, không thể tối ưu quy trình sản xuất dẫn đến phải có diện tích lớn để bố trí thiết bị phủ vec-ni, tiêu thụ nhiều năng lượng và kim loại cũng như mức độ tự động hóa thấp.

Theo phương pháp sản xuất bó nhiên liệu nhà máy điện hạt nhân đã biết, quá trình điều chế các thanh nhiên liệu để lắp ráp vào bó nhiên liệu được thực hiện bằng cách phủ lớp phủ vec-ni lên bề mặt thanh nhiên liệu nhờ đưa bề mặt thanh nhiên liệu tiếp xúc với vec-ni trong thiết bị phủ vec-ni bằng cách di chuyển chúng theo phương nằm ngang, dọc theo trục của chính chúng liên tiếp qua khu vực phủ vec-ni và khu vực làm khô của thiết bị này. Bề mặt hình trụ của thanh nhiên liệu được làm ẩm bằng vec-ni tại khu vực phủ vec-ni khi thanh nhiên liệu đi qua bộ phận rỗng mao dẫn đàn hồi vừa khít, vecni được thấm vào bộ phận rỗng cho đến khi các lỗ rỗng được lấp đầy bằng vec-ni. Chuyển động của các thanh nhiên liệu được thực hiện nhờ các con lăn tạo thành hai giá đỡ nằm tương ứng ở phía trước khu vực phủ vec-ni và sau khu vực làm khô (tham khảo Bằng sáng chế Liên bang Nga số 2537951, công bố ngày 10/01/2015. Quyền số 1). Nhược điểm của phương pháp này là độ dày của lớp phủ vec-ni không đều không chỉ ở dọc theo chiều dài mà còn ở từng phần trên thanh nhiên liệu, dẫn đến phồng rộp và bong tróc trong quá trình sấy khô và do đó làm bong tróc bề mặt, dẫn đến xuất hiện các vết xước thô và vón cục trong quá trình lắp ráp; cần phải có thiết bị nhiều thành phần với kích thước tương đối lớn được trang bị hệ thống tự động hóa phức tạp; thời gian chế tạo bề mặt phần tử nhiên liệu để lắp ráp được liên kết, cụ thể, với việc đảm bảo làm khô hoàn toàn – polyme hóa lớp phủ màng khô.

Phương pháp gần giống nhất về mặt bản chất kỹ thuật và kết quả đạt được là phương pháp sản xuất cụm nhiên liệu (BNL) (tham khảo Bằng sáng chế Liên bang Nga số 2140674, công bố ngày 27/10/1999. Quyền Số 30) - được chọn là nguyên mẫu, phương pháp này bao gồm bước sản xuất, kiểm tra các thanh nhiên liệu, phủ và làm khô lớp phủ vec-ni trên từng thanh nhiên liệu trước khi lắp ráp các thanh nhiên liệu này thành bó nhiên liệu, việc lắp ráp các thanh nhiên liệu thành bó nhiên liệu được thực hiện tại giá lắp ráp, cố định phân đầu và phân đáy với

phun, rửa sạch lớp phủ bảo vệ và làm khô. Nhược điểm của phương pháp này là quy trình công nghệ chưa đạt hiệu quả cao, do phải phủ hỗn hợp vec-ni làm lớp phủ bảo vệ cho các thanh nhiên liệu, hỗn hợp này là dung dịch nước cất với rượu polyvinyl: công nghệ phủ lớp phủ này đòi hỏi thiết bị công kênh, như đã phân tích trong các thiết bị tương tự; sau khi phủ, phải làm khô lớp màng gây mất thời gian và nhân lực. Chất lượng lớp phủ cũng không đạt yêu cầu do khó phủ và làm khô một cách đồng đều, cần đảm bảo không có các vết xước thô, lỗi lõm, bong tróc v.v. khi lắp ráp các bó nhiên liệu ở bước sau. Sự gián đoạn của lớp phủ vec-ni không được loại trừ. Chúng có thể dẫn đến những vết nứt lớn hơn 30 μm , là lý do cần phải thay thế thanh nhiên liệu hoặc các cặn bám phải được loại bỏ bằng tay bằng cách sử dụng các thiết bị cố định đặc biệt.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Nhằm giải quyết các vấn đề trên, sáng chế đề xuất đảm bảo chất lượng sản xuất bó nhiên liệu lò phản ứng hạt nhân, đồng thời đảm bảo tính hiệu quả của quy trình công nghệ và giúp giảm giá thành sản xuất bó nhiên liệu.

Vấn đề được giải quyết nhờ phương pháp sản xuất bó nhiên liệu lò phản ứng hạt nhân bao gồm bước sản xuất, kiểm tra các thanh nhiên liệu, phủ và làm khô lớp phủ bảo vệ cho từng thanh nhiên liệu, lắp ráp các thanh nhiên liệu đã chế tạo thành bó nhiên liệu tại giá lắp ráp, cố định phần đầu và phần đáy vòi phun, rửa sạch lớp phủ bảo vệ và làm khô. Theo sáng chế, bước phủ lớp phủ bảo vệ và lắp ráp các thanh nhiên liệu thành bó nhiên liệu tại giá lắp ráp được kết hợp với nhau, bằng cách di chuyển từng thanh nhiên liệu đến để lắp ráp thành bó nhiên liệu tại giá lắp ráp theo phương nằm ngang, dọc theo trục của chính nó vào các ô thuộc lưới đệm tạo thành khung cho bó nhiên liệu, thông qua thiết bị phủ lớp bảo vệ được lắp trên giá lắp ráp. Đối với lớp phủ bảo vệ, chất bôi trơn tan trong nước được sử dụng, thành phần gồm alkylphenol được oxyethyl hóa với lượng từ 20% đến 45% và các axit béo không bão hòa đơn với lượng từ 55% đến 80%.

Vấn đề được giải quyết nhờ bước rửa lớp phủ bảo vệ bằng các vòi phun nước dưới áp lực ở nhiệt độ phòng.

Việc thực hiện phương pháp sản xuất bó nhiên liệu lò phản ứng hạt nhân được đề xuất cho phép thực hiện công việc bao gồm sản xuất bó nhiên liệu với mức chất

lượng yêu cầu, đảm bảo vận hành bó nhiên liệu an toàn trong lò phản ứng hạt nhân đồng thời tăng hiệu quả quá trình sản xuất và giảm chi phí sản xuất.

Chất bôi trơn tan trong nước theo chế phẩm được đề xuất được sử dụng như lớp phủ bảo vệ, có khả năng phân tán trên bề mặt thanh nhiên liệu tạo thành lớp phủ mỏng đều, bằng cách thức bao bọc một lớp quanh chu vi thanh nhiên liệu bằng vật liệu được bão hòa bằng chất bôi trơn, mà không cần làm khô, do vậy có thể phủ chất bôi trơn này lên bề mặt các thanh nhiên liệu đang chuyển động liên tục đến giá lắp ráp đồng thời thu được lớp phủ bảo vệ chất lượng cao trên bề mặt của thanh nhiên liệu. Việc không dễ bị chảy và sự tạo thành của lớp phủ không đều được đảm bảo bằng phụ gia ở dạng alkylphenol được oxyethyl hóa trong chế phẩm chất bôi trơn, chất này cùng với các axit béo đơn giúp chất bôi trơn phân bố đều dọc theo toàn bộ chiều dài lớp vỏ. Việc có thêm chất phụ gia giúp chất bôi trơn đạt độ nhớt cần thiết và làm tăng độ bám dính của chất bôi trơn lên hợp kim chứa hợp kim zirconium, nhờ vậy trong quá trình lắp ráp các thanh nhiên liệu thành bó nhiên liệu tại giá lắp ráp, khi các thanh nhiên liệu chạm vào các chốt của lưới đệm, chất bôi trơn hòa tan trong nước của thành phần đã chọn không bị dịch chuyển khỏi các mối nối tiếp xúc giữa các chốt của lưới đệm và các thanh nhiên liệu, do đó, có nguy cơ tạo ra các vết xước, vết trầy và sự hình thành vón cục trên bề mặt các thanh nhiên liệu bị loại trừ. Như vậy, việc sử dụng chất bôi trơn có thành phần được đề xuất giúp tăng hiệu quả của quy trình công nghệ sản xuất: loại bỏ những khâu bắt buộc phải thực hiện trước đây theo quy trình công nghệ sản xuất trước khi lắp ráp các thanh nhiên liệu thành bó nhiên liệu trên giá lắp ráp bao gồm bước tháo bỏ các khung giữa các khâu, gắn các thanh nhiên liệu theo chiều dài thiết bị phủ vec-ni, rửa sơ bộ các thanh nhiên liệu trong vòng 15-20 phút, ngâm trong dung dịch được pha chế từ vec-ni polyvinyl hòa tan trong nước, làm khô các thanh nhiên liệu ở nhiệt độ 70-90°C trong vòng 12-15 phút và sau đó lắp ráp vào khung giữa các khâu tương thích; bước lắp ráp các thanh nhiên liệu vào bó nhiên liệu trên giá lắp ráp có thể được kết hợp với bước phủ lớp phủ bảo vệ.

Các axit béo có trong thành phần chất bôi trơn ảnh hưởng đến cả chất lượng lớp phủ cũng như khả năng loại bỏ hoàn toàn lớp phủ. Như vậy, đã đạt được mục tiêu tối ưu hóa quy trình sản xuất để lắp ráp các bó nhiên liệu nói chung, giảm giá thành sản xuất mà không làm giảm chất lượng lắp ráp.

Mô tả chi tiết sáng chế

Phương pháp sản xuất bó nhiên liệu cho lò phản ứng hạt nhân được thực hiện như sau.

Các thanh nhiên liệu là các ống dài, chủ yếu làm từ hợp kim zirconi, được bịt kín hai đầu, được nạp sẵn các viên nhiên liệu và đã trải qua toàn bộ các bước kiểm tra, được lắp ráp thành cụm nhỏ - bó thanh nhiên liệu này được dùng để lắp ráp vào một khung chung (bó nhiên liệu), các cụm thanh nhiên liệu được gắn vào khung giữa các khâu và sau đó được chuyển đến giá lắp ráp bó nhiên liệu.

Bước lắp ráp các thanh nhiên liệu thành bó nhiên liệu trên giá lắp ráp được thực hiện bằng cách đẩy các thanh nhiên liệu chuyển động nhờ cơ cấu đẩy theo phương ngang dọc trục của các thanh này, qua thiết bị để phủ lớp phủ bảo vệ và qua các ô của lưới đệm, vào khung bó nhiên liệu. Thiết bị để phủ lớp bảo vệ có thể được sử dụng, ví dụ, là khuôn kéo, với bề mặt bên trong được lót bằng vật liệu đàn hồi xốp được ngâm với chất bôi trơn tan trong nước theo thành phần đề xuất, khuôn kéo này có thể được lắp trên giá lắp ráp ngay trên lưới đệm của khung thứ nhất dọc theo chuyển động của thanh nhiên liệu, hoặc theo cách tương tự nhưng có bố trí bình chứa chất bôi trơn tan trong nước theo thành phần đề xuất và có các lỗ đồng trục để thanh nhiên liệu đi qua.

Sau khi đã lắp đặt tất cả các thanh nhiên liệu tạo thành bó nhiên liệu duy nhất, phần đầu và phần đáy vòi phun sẽ được gắn vào bó nhiên liệu.

Sau đó, bó nhiên liệu sẽ được rửa sạch chất bôi trơn tan trong nước nhờ các vòi phun nước dưới áp lực ở nhiệt độ phòng thuộc thiết bị làm sạch bằng vòi phun. Cũng có thể rửa sạch trên thiết bị rửa bằng vòi phun nước với việc đặt khung tiếp theo vào lò chung cất với nước ở nhiệt độ phòng và sủi bọt trong 30 phút với hệ thống thoát nước tiếp theo. Quá trình rửa được lặp lại hai lần với lần rửa cuối cùng được thực hiện bằng nước nóng có nhiệt độ từ 80 đến 90°C.

Làm khô bó nhiên liệu ở nhiệt độ 100-120°C trong vòng 40 phút.

Khả năng áp dụng công nghiệp

Phương pháp sản xuất bó nhiên liệu cho lò phản ứng hạt nhân được đề xuất sử dụng chất bôi trơn tan trong nước có thành phần như đề xuất, là phương án thay thế cho bước phủ vec-ni và đã được thử nghiệm ở quy mô sản xuất.

Các bộ mô phỏng thanh nhiên liệu di chuyển trên giá lắp ráp qua thiết bị phủ lớp phủ bảo vệ, sau đó qua lưới đệm của khung BNL-2M, khung này được cấu tạo từ các lưới đệm được cố định trên các kênh dẫn, ống trung tâm. Lực đẩy dọc theo chiều dài khung được ghi chép. Các thông số thống kê lực đẩy trên bó nhiên liệu mô phỏng trong các thử nghiệm theo tiêu chuẩn của bó nhiên liệu BNL-2M sử dụng chất bôi trơn như sau:

giá trị trung bình - 244,7 N;

độ lệch chuẩn so với giá trị trung bình - 47,9 N;

giá trị nhỏ nhất - 68,6 N;

giá trị lớn nhất - 358,5 N.

Thành phần chất bôi trơn sử dụng chứa 30% alkylphenol đã được oxyethyl hóa và 70% hỗn hợp axit béo không bão hòa đơn.

Chất lượng lớp phủ bôi trơn được kiểm soát trong quá trình lắp ráp. Kết quả kiểm tra xác nhận các giá trị độ nhớt của chất bôi trơn đạt mức độ cần và đủ để chất bôi trơn bám trên bề mặt thanh nhiên liệu và giữ được độ an toàn khi tiếp xúc với các thành phần lò xo của lưới đệm, cho phép chỉ cần áp dụng một lần chất bôi trơn lên bề mặt các thanh nhiên liệu. Kiểm tra các thanh nhiên liệu đã qua quá trình lắp ráp cho thấy độ sâu vết trầy xước tối đa đo bằng phương pháp "tìm vết" là 9-13 micrômét. Hầu hết các vết trầy xước có độ sâu từ 5-8 micrômét, không vượt quá giá trị cho phép đối với hư hỏng cơ học (30 micrômét) và nguy cơ bị ăn mòn. Không có hiện tượng bị đứt và lồi lõm.

Khả năng chất bôi trơn tạo lớp mỏng lên bề mặt thanh nhiên liệu giúp giảm chi phí xuống mức tối thiểu trong quy trình công nghệ: 1,0–1,5 lít để lắp ráp một bó nhiên liệu.

Việc lắp ráp các thanh nhiên liệu thành bó nhiên liệu sử dụng chất bôi trơn theo thành phần đề xuất không không yêu cầu phải thay đổi thiết kế các giá lắp ráp hiện nay. Việc lắp ráp vẫn được thực hiện bằng thiết bị tiêu chuẩn.

Như vậy, thực hiện phương pháp sản xuất bó nhiên liệu cho lò phản ứng hạt nhân theo sáng chế đề xuất này giúp giải quyết vấn đề đặt ra là đảm bảo chất lượng sản

xuất bó nhiên liệu đồng thời đảm bảo hiệu quả cho quy trình công nghệ và giúp giảm giá thành sản xuất bó nhiên liệu. Phương pháp này mở ra khả năng tạo quy trình liên tục để sản xuất thanh nhiên liệu và lắp ráp chúng thành bó nhiên liệu.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp sản xuất bó nhiên liệu cho lò phản ứng hạt nhân, phương pháp này bao gồm các bước sau:

- a) phủ lớp phủ bảo vệ trên từng thanh nhiên liệu, trong đó trong suốt bước phủ, mỗi thanh nhiên liệu được di chuyển qua thiết bị phủ lớp bảo vệ được lắp đặt trên giá lắp ráp, và trong đó lớp phủ bảo vệ chứa chất bôi trơn tan trong nước có alkylphenol được oxyethyl hóa và các axit béo không bão hòa đơn;
 - b) lắp ráp các thanh nhiên liệu đã phủ vào các ô lưới đệm của bó, trong đó trong quá trình lắp ráp, mỗi thanh nhiên liệu đã phủ được di chuyển trên giá lắp ráp theo phương nằm ngang dọc theo trục của chính nó vào các ô lưới đệm;
 - c) tiếp theo bước b), gắn đầu và đáy vòi phun vào bó;
 - d) tiếp theo bước c), rửa sạch thanh nhiên liệu để loại bỏ lớp phủ bảo vệ khỏi thanh nhiên liệu;
 - e) tiếp theo bước d), làm khô thanh nhiên liệu;
- trong đó ít nhất một phần của bước (a) và (b) xảy ra đồng thời.

2. Phương pháp theo điểm 1, trong đó trong bước (d), lớp bảo vệ được loại bỏ bằng cách sử dụng vòi phun nước dưới áp lực ở nhiệt độ phòng