



(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)



1-0033677

(51)⁷ G21C 3/02; G21C 3/30; G21C 3/08

(13) B

(21) 1-2016-00940

(22) 03/06/2014

(86) PCT/RU2014/000407 03/06/2014

(87) WO 2015/076697 28/05/2015

(30) 2013151156 19/11/2013 RU

(45) 25/10/2022 415

(43) 27/02/2017 347A

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

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

(72) DERUNOV Viacheslav Vasilievich (RU); MAYOROV Viktor Mihailovich (RU); POMESCHIKOV Pavel Andreevich (RU); RUSANOV Aleksander Evgenievich (RU); SMIRNOV Aleksandr Alekseevich (RU); SHULEPIN, Sergey Viktorovich (RU); SHARIKPULOV Said Mirfaisovich (RU).

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

(54) LỚP PHỦ THANH NHIÊN LIỆU, THANH NHIÊN LIỆU VÀ BÓ THANH NHIÊN LIỆU

(57) Sáng chế đề cập đến lĩnh vực kỹ thuật hạt nhân và có thể được sử dụng trong sản xuất thanh nhiên liệu và bó thanh nhiên liệu cho lò phản ứng được làm mát bằng kim loại lỏng nặng, và cũng trong sản xuất bộ mô phỏng thanh nhiên liệu để sử dụng trong thiết bị bức xạ thiết kế để kiểm tra khả năng hoạt động của cấu trúc nhiên liệu thực. Lớp phủ hiện tại của thanh nhiên liệu cho lò phản ứng được làm mát bằng kim loại lỏng nặng là ở dạng bộ phận ống không hàn với xoắn ốc đặt trên bề mặt ngoài của bộ phận trên, được làm từ thép ferritic-mactenxit crom-silic với kích thước hạt ferit tối thiểu là 7 trên thang GOST 5639, trong đó mỗi gờ có góc mở trong khoảng từ 22° đến 40° (tốt hơn là từ 30° đến 40°) và mặt cắt ngang của gờ ở dạng hình thang có góc tròn ở đỉnh của hình thang và góc tròn ở đáy của hình thang. Sáng chế cũng bộc lộ thanh nhiên liệu bao gồm lớp phủ ở trên và bó thanh nhiên liệu. Kết quả kỹ thuật của sáng chế là sự cải tiến đặc tính hoạt động của thanh nhiên liệu và bó thanh do khả năng chống chịu lâu dài của lớp phủ trong môi trường của chất làm mát kim loại lỏng nặng như chì hoặc eutectic của chì và bismuth.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến kỹ thuật năng lượng hạt nhân và có thể được sử dụng trong sản xuất thanh nhiên liệu, bó thanh nhiên liệu cho lò phản ứng với chất làm mát kim loại lỏng nặng, cũng như sản xuất bộ phận mô phỏng được áp dụng trong thiết bị bức xạ để kiểm tra khả năng vận hành thực tế của thanh nhiên liệu.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Các thanh nhiên liệu được sử dụng rộng rãi là những thanh có lớp phủ là bộ phận ống kim loại làm bằng kim loại hoặc hợp kim chịu chất làm mát kim loại lỏng nặng với ít nhất một gờ xoắn ốc và nhô ra khỏi bề mặt của bộ phận ống (xem tóm tắt của công bố JPH02163694). Một thanh nhiên liệu theo sáng chế này bao gồm lớp phủ mà hạt uranium hoặc plutonium oxide được nạp và nắp cuối được lắp trên cả hai đầu lớp phủ. Gờ xoắn ốc của lớp phủ được tích hợp với bộ phận ống với chiều cao đặt trước và số lượng vòng theo toàn bộ chiều dài của ống trên bề mặt ngoài. Gờ giúp duy trì khoảng cách giữa thanh nhiên liệu trong khi hoạt động và cho phép đạt được tản nhiệt nâng cao.

Không may là, bản tóm tắt không thể hiện thành phần của vật liệu của lớp phủ thanh nhiên liệu và cấu tạo của gờ, và bản tóm tắt không cho phép đánh giá hiệu suất của thanh nhiên liệu và chịu chất làm mát kim loại lỏng nặng.

Sáng chế RU2267175 bộc lộ lớp phủ thanh nhiên liệu với gờ làm bằng nhôm để sử dụng trong lò phản ứng nghiên cứu loại IRT. Mỗi lớp phủ thuộc loại này được trang bị bốn gờ đệm xoắn ốc và mỗi gờ có mặt cắt ngang hình chữ nhật.

Sáng chế cũng bộc lộ chính thanh nhiên liệu bao gồm lớp phủ nhôm đề cập bên trên với gờ đệm xoắn ốc trên bề mặt ngoài, bịt kín bằng nút tại hai đầu với lõi nhiên liệu bên trong.

Sáng chế cũng bộc lộ bó thanh nhiên liệu bao gồm lớp phủ với bộ phận nhiên liệu và tấm lưới đệm được lắp bên trong.

Nhược điểm trong giải pháp tình trạng kỹ thuật là tính ổn định thấp của thanh nhiên liệu và bó thanh nhiên liệu trong chất làm mát kim loại lỏng nặng chảy, chủ yếu là do điểm nóng chảy thấp của nhôm - 660°C .

Hơn nữa, mặt cắt ngang hình chữ nhật của gờ theo sáng chế đã đề cập sẽ làm tập trung ứng suất cao tại mặt phân cách của gờ với lớp phủ, cũng sẽ làm mất sự ổn định trong môi trường chất làm mát kim loại lỏng nặng.

Giải pháp kỹ thuật gần nhất được bộc lộ trong sáng chế GB 1459562.

Theo sáng chế này, lớp phủ là bộ phận ống làm bằng thép không gỉ, trên mặt ngoài, có ít nhất một gờ xoắn ốc. Gờ này là dây xoắn ốc (hoặc dây đôi) cuộn xoắn ốc quanh bộ phận ống.

Theo đó sáng chế cũng bộc lộ chính bộ phận nhiên liệu bao gồm lớp phủ và nhiên liệu hạt nhân ở dạng uranium carbide, và bó thanh nhiên liệu bao gồm các bộ phận như vậy.

Theo bản mô tả, sự hình thành gờ ở dạng dây xoắn ốc cuộn cho phép gắn gờ dây xoắn ốc chỉ tại các điểm buộc nhất định và không phải là đường liên tục. Điều này cho phép tránh ứ đọng chất làm mát tại mặt phân chia của gờ và bộ phận ống cho phép chất làm mát chuyển động theo thanh nhiên liệu hiệu quả hơn. Đồng thời, theo tác giả sáng chế, cấu trúc gờ sẽ có đủ độ cứng để gờ có thể thực hiện chức năng đệm.

Không may là, sáng chế đã đề cập không cụ thể gờ được gắn như thế nào; việc gắn có thể được thực hiện bằng cách hàn điểm.

Tuy nhiên, thép không gỉ có khả năng hàn hạn chế. Trong quá trình hàn điểm điện trở tiếp xúc, rỉ khí và độ võ nóng có thể xuất hiện trong các điểm được hàn; chúng có thể phóng to trong vật liệu lớp phủ. Việc gắn dây với lớp phủ bằng cách hàn điểm dẫn đến hình thành chỗ hư hỏng trong lớp phủ.

Ngoài ra, dây đã cuộn xoắn ốc cố định ở điểm nhất định sẽ chuyển động trong dòng chất làm mát dọc theo chiều cao thanh nhiên liệu và phá vỡ lớp phủ tại các điểm hàn.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế là nâng cao tính năng hoạt động của thanh nhiên liệu và lắp ráp bằng cách đảm bảo khả năng chống lâu dài của lớp phủ trong chất làm mát kim loại lỏng nặng như chì hoặc hợp kim eutectic của chì và bismuth.

Kết quả kỹ thuật của sáng chế là nâng cao tính năng hoạt động của thanh nhiên liệu và lắp ráp bằng cách đảm bảo khả năng chống lâu dài của lớp phủ trong chất làm mát kim loại lỏng nặng như chì hoặc hợp kim eutectic của chì và bismuth. Kết quả kỹ thuật bổ sung bảo đảm khả năng tính chắc chắn của lớp phủ thanh nhiên liệu, giảm sức cản thủy lực vùng hoạt động và tăng cường quá trình trao đổi nhiệt do dòng chảy chất làm mát kim loại lỏng nặng chảy dễ hơn dọc theo các gờ. Ngoài ra, kết quả kỹ thuật giảm ứng suất và giảm nguy cơ hỏng để gờ do phương thức sản xuất và hoạt động tiếp theo của thanh nhiên liệu; do vậy, loại bỏ thiệt hại ăn mòn đường nối.

Các tính năng chủ yếu sau đây ảnh hưởng đến việc đạt được kết quả kỹ thuật trên.

Lớp phủ thanh nhiên liệu cho lò phản ứng với chất làm mát kim loại lỏng có bộ phận ống cuộn rắn với gờ xoắn ốc trên bề mặt ngoài của thanh đã đề cập ở trên, làm bằng thép crom-silic của lớp mactenxit-ferit với kích thước hạt ferit là không nhỏ hơn Số 7 theo GOST 5639, và hình dạng mặt cắt ngang của gờ là hình thang với góc mở từ 22° đến 40° , và hình dạng mặt cắt ngang của gờ là hình thang với góc tròn trên đỉnh và góc đáy dẹt (góc lượn).

Trong phương án riêng lẻ, lớp phủ có thể được làm bằng thép với hàm lượng crom trong khoảng từ 10 đến 12 % wt và hàm lượng silic trong khoảng từ 1,0 đến 1,3 % wt.

Lớp phủ của sáng chế có bốn gờ xoắn ốc được đặt tại khoảng cách bằng nhau được ưu tiên.

Trong trường hợp này mỗi gờ có chiều cao ít nhất là 0,75 mm, độ dày tối đa là 0,6 mm, và góc mở của gờ từ 30° đến 40° .

Theo các phương án khác, hình dạng mặt cắt ngang của gờ là hình thang với góc tròn ở đỉnh hình thang tại bán kính hình cầu là 0,2-0,35 mm.

Hình dạng mặt cắt ngang của gờ có thể là hình thang với góc dẹt tại đáy của hình thang với bán kính góc lượn là 0,55-0,9 mm.

Nhiệm vụ được chỉ định được giải quyết bằng việc sử dụng một thanh nhiên liệu cho lò phản ứng với chất làm mát kim loại lỏng nặng bao gồm lớp phủ được bịt kín tại hai đầu bằng nút và nhiên liệu hạt nhân bên trong lớp phủ.

Nhiệm vụ được chỉ định cũng được giải quyết bằng cách sử dụng bó thanh nhiên liệu cho lò phản ứng với chất làm mát kim loại lỏng nặng bao gồm khung chịu lực và ít nhất một lưới giữ và thanh nhiên liệu được sản xuất phù hợp với các tính năng cần thiết ở trên và cố định trong lưới giữ.

Ở đây, việc tạo khoảng cách các thanh nhiên liệu được thực hiện theo nguyên tắc “gờ đến gờ”.

Bó thanh có thể bao gồm hai lưới lưu giữ đặt ở đỉnh và đáy của khung chịu lực.

Khung có thể được làm dưới dạng ống.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Sáng chế được minh họa bằng hình vẽ, trong đó Fig.1 minh họa hình dạng lớp phủ, Fig.2 minh họa mặt cắt ngang lớp phủ, Fig.3 minh họa mặt cắt ngang của gờ.

Mô tả chi tiết sáng chế

1. Lớp phủ thanh nhiên liệu
2. Gờ đệm xoắn ốc
3. Góc tròn tại đỉnh gờ.
4. Góc tròn tại đáy gờ.

Lớp phủ 1 (xem Fig.1 – Fig.2) là bộ phận hình ống cuộn rần với gờ xoắn ốc 2 được đặt ở bề mặt ngoài của lớp phủ 1.

Lớp phủ 1 được làm bằng thép crom-silic thuộc loại mactenxit-ferit với kích thước hạt ferit không nhỏ hơn 7 theo GOST 5639 với đường kính đỉnh ngoài từ 9,8 đến 13,5 mm, độ dày của lớp phủ từ 0,38 đến 0,55 mm, đường kính trong lớp phủ từ 7,2 đến 11,2 mm, độ nhám bề mặt trong và ngoài không vượt quá $Ra=1,2 \mu m$ theo GOST 2789. Thép 16Cr12MoWSiVNbB-Cindery (ESS823-Cindery) được sử dụng như là thép crom-silic của lớp mactenxit-ferit cho phương án tốt nhất của sáng chế. Loại thép này có thành phần như sau: carbon - 0,14-0,18 % wt, silic- 1,0-1,3 % wt, manganese - 0,5-

0,8 % wt, crom - 10,0-12,0 % wt, nickel - 0,5-0,8 % wt, vanadium - 0,2-0,4 % wt, molybdenum - 0,6-0,9 % wt, tungsten - 0,5-0,8 % wt,, niobium - 0,2-0,4 % wt, borium < 0,006 % wt (theo tính toán), cerium- < 0,1 % wt và chất còn lại là sắt. Thép ESS823-Cindery là vật liệu thích hợp nhất cho lớp phủ thanh nhiên liệu cho lò phản ứng với chất làm mát kim loại lỏng nặng theo đặc điểm nhóm (khả năng chống phồng rộp chỗ trống cao, tốc độ chảy rã do bức xạ gây ra chậm, khả năng chống ăn mòn cao trong Pb-Bi).

Số lượng gờ có thể thay đổi.

Lớp phủ theo phương án ưu tiên nhất của sáng chế bao gồm 4 gờ.

Mỗi gờ 2 (xem Fig.3) nhô trên lớp phủ và mặt cắt ngang của nó là hình thang với góc tròn ở đỉnh và góc đáy dẹt (góc lượn). Góc mở của gờ từ 22° đến 40°, trong phương án ưu tiên nhất là từ 30° đến 40°.

Cấu hình này đảm bảo khả năng tính chắc chắn của lớp phủ thanh nhiên liệu, giảm sức cản thủy lực và tăng cường quá trình trao đổi nhiệt bằng cách đảm bảo dòng chảy làm mát kim loại lỏng nặng chảy dễ dàng hơn dọc theo gờ. Ngoài ra, gờ với góc tròn ở đỉnh và góc đáy dẹt cho phép giảm ứng suất và giảm khả năng xảy ra nguy cơ hỏng để gờ do phương thức sản xuất và vận hành tiếp theo của thanh nhiên liệu; do vậy, loại bỏ hư hỏng do ăn mòn của thanh nhiên liệu.

Thông số lớp phủ tối ưu như sau:

- độ dày của thanh lớp phủ tối đa là 0,6 mm, tốt hơn là 0,4 mm; chiều cao của gờ từ 0,55 mm đến 0,85 mm, tốt hơn là 0,75 mm,

- góc mở - từ 22° đến 40°, tốt hơn là 30°;

- bán kính mặt cầu của góc 3 tại đỉnh - từ 0,2 đến 0,35 mm, tốt hơn là 0,2 mm,

và

- bán kính góc lượn của góc 4 tại đáy - từ 0,55 đến 0,9 mm, tốt hơn là 0,7 mm.

Mỗi gờ 2 được đặt cách nhau với khoảng cách bằng nhau và xoắn ốc với bước từ 450 mm đến 1000 mm, tốt hơn là 750 mm. Tốt hơn, lớp phủ 1 được làm xoắn ốc bằng tay trái của gờ.

Các ví dụ thực hiện sáng chế

Một ống với 4 gờ xoắn ốc để làm lớp phủ thanh nhiên liệu được sản xuất bằng cách cán nguội phôi thép hình ống ESS823-Cindery.

Đường kính đỉnh của lớp phủ là 13,5mm, độ dày của thành lớp phủ là 0,4 mm, đường kính trong của lớp phủ là 11,2 mm. Gờ có chiều cao là 0,75 mm, độ rộng bằng nửa chiều cao của gờ là 0,75 mm, tỉ lệ chiều cao và độ dày của gờ là 1,85 mm. Mặt cắt ngang của gờ là hình thang với góc tròn tại đỉnh hình thang với bán kính hình cầu là 0,2 mm và với bán kính lượn tròn là 0,7 mm. Góc mở gờ là 30°. Gờ được xoắn ốc với bước là 750 mm (cuộn phía bên tay trái).

Nhiên liệu hạt nhân nền uranium dioxide được đặt trong lớp phủ này và các thanh nhiên liệu được bịt kín bằng chốt phía trên và dưới (nút).

Các thanh nhiên liệu đã được sản xuất được gắn vào khung chịu lực, được đặt cách nhau theo nguyên tắc “gờ đến gờ” và được gắn vào gờ trên, gờ giữa và gờ dưới gắn tại khung chịu lực. Kết quả lắp ráp được cài đặt tại lò phản ứng.

Sáng chế cho phép sản xuất toàn bộ lớp phủ với gờ và giảm xác suất hỏng điểm ứng suất, đảm bảo các đặc tính ổn định nhiệt và chống ăn mòn khi tiếp xúc với chất làm mát kim loại lỏng nặng tại nhiệt độ hoạt động.

Sáng chế cho phép thực hiện tạo khoảng cách giữa các thanh nhiên liệu liền kề (gờ đến gờ) giữa lưới đệm đỡ phía trên và phía dưới (cho các thanh nhiên liệu) của bó thanh nhiên liệu, tạo khoảng cách với thiết bị phản chiếu và bộ phận đỡ của bó thanh nhiên liệu (cho phép làm phương án về bó thanh nhiên liệu dễ dàng hơn) và đảm bảo khả năng chống chịu trong thời gian dài trong môi trường chất làm mát kim loại lỏng nặng (chì, hợp kim eutectic của chì và bismuth), miễn là công nghệ chất làm mát kim loại lỏng nặng tương ứng (khoảng 75 000 giờ), giới hạn nhiệt độ và liều lượng của lớp phủ thanh nhiên liệu được tuân theo.

Yêu cầu bảo hộ

1. Lớp phủ thanh nhiên liệu (1) cho lò phản ứng với chất làm mát kim loại lỏng nặng, trong đó là bộ phận ống cuộn tròn với gờ xoắn ốc (2) đặt trên bề mặt ngoài của bộ phận đề cập trên, làm bằng thép crom-silic của lớp mactenxit-ferit với kích thước hạt ferit không nhỏ hơn 7 theo GOST 5639, và hình dạng mặt cắt ngang của gờ là hình thang với góc mở từ 22° đến 40° , và hình dạng mặt cắt ngang của gờ là hình thang với góc tròn ở đỉnh và góc đáy dẹt (4).
2. Lớp phủ theo điểm 1, trong đó lớp phủ được làm bằng thép với hàm lượng crom từ 10 đến 12 % wt (khối lượng) và hàm lượng silic từ 1,0 đến 1,3 % wt.
3. Lớp phủ theo điểm 1, trong đó lớp phủ có bốn gờ xoắn ốc được đặt ở khoảng cách bằng nhau.
4. Lớp phủ theo điểm 3, trong đó mỗi gờ có chiều cao ít nhất 0,75 mm, độ dày của thành tối đa là 0,6 mm và góc mở từ 30° đến 40° .
5. Lớp phủ theo điểm 1, trong đó hình dạng mặt cắt ngang của gờ là hình thang với góc tròn ở đỉnh hình thang với bán kính hình cầu là 0,2-0,35 mm.
6. Lớp phủ theo điểm 1, trong đó hình dạng mặt cắt ngang của gờ là hình thang với góc đáy dẹt với bán kính góc lượn là 0,55-0,9 mm.
7. Thanh nhiên liệu cho lò phản ứng hạt nhân với chất làm mát kim loại lỏng nặng, trong đó bao gồm lớp phủ theo bất kỳ trong số các điểm từ 1-6, được bịt kín tại hai đầu bằng nút và nhiên liệu hạt nhân được đặt trong lớp phủ đề cập trên.
8. Bộ thanh nhiên liệu cho lò phản ứng với chất làm mát kim loại lỏng nặng, trong đó bộ này bao gồm khung chịu lực với ít nhất một lưới giữ và các thanh nhiên liệu theo điểm 7 và được gắn vào lưới giữ.
9. Bộ thanh nhiên liệu theo điểm 8, trong đó việc tạo khoảng cách giữa các thanh nhiên liệu được thực hiện theo nguyên tắc “gờ đến gờ”.
10. Bộ thanh nhiên liệu theo điểm 8, trong đó bộ này bao gồm hai gờ duy trì ở đỉnh và đáy của khung chịu lực.
11. Bộ thanh nhiên liệu theo điểm 8, trong đó khung chịu lực được thiết kế dưới dạng ống.

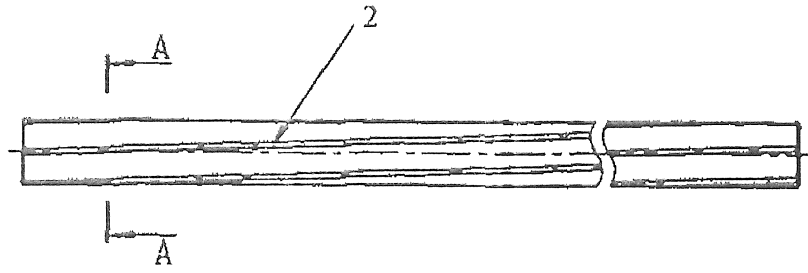


Fig.1

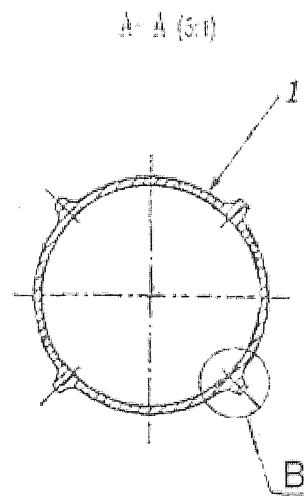


Fig.2

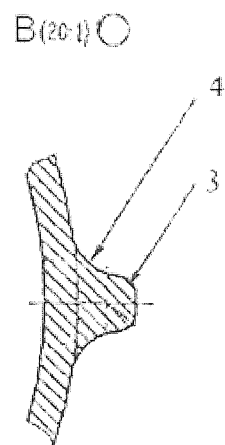


Fig.3