

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 407 832**

51 Int. Cl.:

**G21C 3/34** (2006.01)

**G21C 3/344** (2006.01)

**G21C 3/352** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.01.2008 E 08712753 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.03.2013 EP 2137738**

54 Título: **Procedimiento de producción de espaciadores para reactor nuclear**

30 Prioridad:

**05.02.2007 SE 0700273**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

**14.06.2013**

73 Titular/es:

**WESTINGHOUSE ELECTRIC SWEDEN AB  
(100.0%)  
721 63 Västerås , SE**

72 Inventor/es:

**SÖDERBERG, HÅKAN y  
SAHLIN, THORBJÖRN**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 407 832 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

**DESCRIPCIÓN**

Procedimiento de producción de espaciadores para reactor nuclear

**Campo técnico**

5 La presente invención versa acerca de un procedimiento de producción de espaciadores para retener un número de varillas de combustible en un reactor en una instalación nuclear de tipo agua ligera, especialmente un reactor de agua en ebullición, BWR, o un reactor de agua a presión, PWR.

**Descripción de la técnica anterior**

10 La presente invención versa acerca de un procedimiento de producción de un espaciador para retener varias varillas alargadas de combustible concebidas para estar colocadas en una instalación nuclear, rodeando el espaciador un número de células, cada una de las cuales tiene un eje longitudinal y está dispuesto para recibir una varilla de combustible de tal forma que la varilla de combustible se extiende en paralelo al eje longitudinal, estando formada cada célula por medio de una pieza similar a un manguito que tiene un borde superior y un borde inferior, comprendiendo la pieza similar a un manguito varias superficies alargadas de contacto que se extienden esencialmente paralelas al eje longitudinal para un contacto contra la varilla de combustible que va a ser recibida en la célula.

15 En un reactor para una instalación nuclear del tipo descrito anteriormente, hay dispuesto un gran número de unidades alargadas de combustible en el núcleo del reactor nuclear. Cada unidad de combustible comprende un número de varillas alargadas de combustible. Cada varilla de combustible comprende un tubo alargado de encamisado del combustible nuclear y varias pastillas de combustible que están dispuestas en una pila en el tubo de encamisado del combustible nuclear. Las varillas de combustible en la unidad de combustible son mantenidas juntas por medio de un número de espaciadores, por ejemplo 3-10 espaciadores, que están distribuidos a lo largo de la longitud de la unidad de combustible. Cada espaciador define células para la recepción de varillas de combustible. Por lo tanto, los espaciadores retienen las varillas de combustible en una posición correcta en la unidad de combustible y tienen el fin de garantizar que se mantenga una distancia mutua constante entre las varillas de combustible durante la operación del reactor.

20 En un reactor de agua en ebullición, las varillas de combustible están encerradas normalmente en cofres, denominados cajas. Cada caja comprende un número relativamente elevado de varillas de combustible y forma, junto con estas varillas de combustible, un denominado conjunto de combustible que puede ser elevado al interior del núcleo del reactor nuclear y extraído del mismo. Cada conjunto de combustible puede comprender una o más unidades de combustible. El documento US-A-5.875.223 describe un conjunto de combustible con cuatro de tales unidades de combustible. El núcleo está sumergido en un refrigerante, normalmente agua, que actúa tanto de refrigerante como de moderador. Las unidades de combustible y las varillas de combustible están dispuestas normalmente de forma esencialmente vertical en el reactor.

30 Existen espaciadores de varios tipos distintos, por ejemplo espaciadores formados por medio de placas cruzadas, espaciadores en los que las células están formadas por medio de elementos abiertos con puntos de soporte y un medio de resorte, y espaciadores formados por medio de piezas similares a un manguito que están soldadas entre sí. Los espaciadores que son utilizados en la actualidad son producidos normalmente mediante aleaciones basadas en circonio (Zircaloy), aleaciones basadas en níquel (Inconel), combinaciones de estas aleaciones o acero inoxidable.

35 El documento JP-6-148370 describe un espaciador de manguitos para un reactor de agua en ebullición. Cada manguito tiene curvaturas hacia dentro para un contacto contra la varilla de combustible, que se extiende a través del manguito. Las curvaturas hacia dentro solo se extienden en una pequeña porción de la longitud del manguito. Cada manguito también está dotado, según un ejemplo, de un biselado en el extremo inferior. Según otro ejemplo, cada manguito tiene una forma de onda en el extremo inferior del manguito.

40 El documento JP-7-225291 describe otro espaciador de manguitos para un reactor de agua en ebullición. En este caso, los manguitos cilíndricos circulares están dotados de un extremo superior corriente abajo que tiene proyecciones triangulares o rectangulares, que se extienden hacia arriba. El extremo inferior del manguito parece ser recto. Cada manguito también puede comprender curvaturas hacia dentro, que se extienden únicamente en una pieza de la longitud del manguito para un contacto contra la varilla de combustible, que se extiende a través del manguito.

45 El documento US-5.331.679 describe otra variante de un espaciador de manguitos con manguitos cilíndricos esencialmente circulares. El espaciador se mantiene unido por medio de una banda que se extiende en torno a la circunferencia externa del espaciador. Cada manguito tiene curvaturas hacia dentro relativamente cortas que junto con un elemento de resorte forman puntos de contacto contra la varilla de combustible que se extiende a través del manguito.

Como se ha mencionado anteriormente, el número de espaciadores en una unidad de combustible puede ser del orden de 3-10. Cada una de las varillas de combustible se extiende esencialmente a través de todos los espaciadores en la unidad de combustible. Es deseable que las varillas de combustible no sean dobladas ni sean expuestas a cargas perpendicularmente a sus ejes longitudinales. Con este fin, es necesario que cada una de las células en un espaciador esté dispuesta en línea con las células correspondientes en los otros espaciadores. Para conseguir esto, se utilizan disposiciones de mandril durante la producción de los espaciadores. Según la técnica anterior, los espaciadores han sido producidos mediante un número de medios de manguito que están soldados a un espaciador. Entonces, se coloca el espaciador sobre un conjunto de mandriles, que comprende tantos mandriles como el número de células en el espaciador, de forma que se dispone un mandril en cada célula. Después de que se coloca el espaciador sobre el conjunto de mandriles, se trata térmicamente el espaciador, de manera que se adapta la forma del espaciador a los mandriles en el conjunto de mandriles. Con la condición de que los mandriles estén dispuestos a la misma distancia mutua y de que sean mutuamente paralelos, con el procedimiento es posible producir espaciadores que pueden ser colocados en una unidad de combustible, de forma que las varillas de combustible no son sometidas a ninguna tensión perpendicular al eje longitudinal. Sin embargo, se ha mostrado que los mandriles en el conjunto de mandriles pueden doblarse algo cuando hay dispuesto un espaciador sobre el conjunto de mandriles. Esto dará lugar al resultado final después del tratamiento térmico, dependiendo de las posiciones mutuas de las células antes del tratamiento térmico. Por lo tanto, no todos los espaciadores producidos uno después del otro tendrán las células en las mismas posiciones mutuas.

El documento US 5.211.908 describe un procedimiento de fabricación de una rejilla soporte que tiene células calibradas para un conjunto de combustible nuclear. Las células de la rejilla soporte están dotadas de protuberancias que se proyectan hacia dentro. Las protuberancias deberían proyectarse hasta tal grado que exista un espacio diametral libre hasta las varillas de combustible. El documento describe un procedimiento para calibrar todas las células, es decir, para impartir un valor determinado al espacio entre pares enfrentados de protuberancias. Se pueden calibrar simultáneamente todas las células de una rejilla soporte al insertar un haz de galgas en las mismas.

El documento US 5.406.599 da a conocer un sistema de posicionamiento de las células de la rejilla separadora. Hay diseñado un aparato de soldadura para recibir y alinear los puntos de contacto de las varillas de combustible de una rejilla separadora de haces de combustible nuclear.

El documento US 5.666.389 da a conocer un espaciador y un conjunto de combustible para un reactor nuclear. El espaciador comprende una pluralidad de células para retener y fijar los elementos alargados paralelos. Las células son tubulares y están dotadas internamente de cuatro soportes resilientes alargados.

### **Resumen de la invención**

Un objeto de la presente invención es proporcionar un procedimiento para la producción de espaciadores, procedimiento mediante el cual las posiciones relativas de las células son las mismas para todos los espaciadores producidos con el procedimiento.

En la reivindicación 1 se define un procedimiento según la presente invención.

De la misma forma que en la técnica anterior, las posiciones relativas de las células con respecto a las posiciones relativas de los mandriles darán lugar a mandriles separados que están expuestos a fuerzas procedentes del espaciador. Esto dará lugar a una flexión de los mandriles. Sin embargo, con el procedimiento según la invención la flexión de mandriles separados será menor que en la técnica anterior dado que las células correspondientes en distintos espaciadores dispuestos uno encima de otro estarán desplazadas en distintas direcciones. Un mandril, que es sometido a una fuerza en una dirección por medio de un primer espaciador, puede, por ejemplo, ser sometido a una fuerza esencialmente en la dirección opuesta por medio de un segundo espaciador. La fuerza, que actúa sobre un mandril será la suma de las fuerzas con las que cada uno de los espaciadores afecta al mandril. Al disponer varios espaciadores uno encima de otro, los mandriles separados, por lo tanto, no se flexionarán tanto como en la técnica anterior. En consecuencia, la corrección de la posición de una célula en el espaciador se realizará de mejor manera que en procedimientos según la técnica anterior, dado que las células del espaciador se adaptarán a las posiciones de los mandriles en el tratamiento térmico subsiguiente.

Los mandriles en el conjunto de mandriles pueden tener forma de tubo. Por supuesto, es posible disponer los mandriles macizos en el conjunto de mandriles pero al hacer que tengan forma de tubo los mandriles son calentados más rápidamente durante el tratamiento térmico, lo que permite que el tratamiento térmico sea llevado a cabo en un tiempo más breve que con mandriles macizos.

Como se ha mencionado anteriormente, hay dispuestos al menos dos espaciadores sobre el conjunto de mandriles antes del tratamiento térmico. Sin embargo, se ha descubierto que se consiguen mejores resultados cuando hay dispuestos al menos tres espaciadores sobre el conjunto de mandriles antes del tratamiento térmico. Esto puede ser explicado por el hecho de que es más probable que las fuerzas de los espaciadores en un mandril separado en el conjunto de mandriles se cancelan esencialmente entre sí cuando hay dispuestos al menos tres espaciadores uno encima de otro el conjunto de mandriles.

- Los mandriles en el conjunto de mandriles están colocados en una primera posición antes de que los espaciadores estén dispuestos sobre el conjunto de mandriles, primera posición en la que es posible disponer un espaciador sobre el conjunto de mandriles sin que los mandriles hagan contacto con el espaciador. Después de que se han dispuesto los espaciadores sobre el conjunto de mandriles, los mandriles en el conjunto de mandriles están colocados en una
- 5 segunda posición al girar los mandriles en torno a sus ejes longitudinales antes del comienzo del tratamiento térmico, segunda posición en la que los mandriles se encuentran en contacto con las superficies de contacto en las células. Mediante este procedimiento se facilita la disposición de los espaciadores sobre el conjunto de mandriles dado que se puede prescindir de la disposición sin una resistencia de rozamiento entre los espaciadores y los mandriles. Para conseguir el objeto deseado se requiere que la forma de cada uno de los mandriles perpendiculares
- 10 al eje longitudinal no sea circular.
- Cada uno de los mandriles en el conjunto de mandriles puede, en un corte transversal perpendicular al eje longitudinal del mandril, tiene la forma de un círculo truncado. Por círculo truncado se quiere decir que la forma externa de un corte transversal del mandril comprende segmentos de un círculo conectados con piezas rectas. También es posible conseguir el mismo resultado con otras formas en el corte transversal del mandril.
- 15 Se puede llevar a cabo el tratamiento térmico a una temperatura en el intervalo de 650°C-740°C, y preferentemente en el intervalo de 690°C-720°C. Se ha demostrado que estos intervalos de temperatura son favorables para conseguir la adaptación deseada de las células de los espaciadores a los mandriles. Antes del tratamiento térmico se transmiten deformaciones desde los mandriles hasta el espaciador. Durante el tratamiento térmico se liberan las tensiones internas en el espaciador y se adaptan las distancias relativas entre las células en el espaciador a las
- 20 distancias relativas entre los mandriles en el conjunto de mandriles.
- El tratamiento térmico puede continuar durante 17-23 horas, y preferentemente durante 19-21 horas. Los intervalos de tiempo mencionados han demostrado ser adecuados para que se liberen las tensiones en el espaciador. Esto es particularmente cierto en el caso de que se lleve a cabo el tratamiento térmico en los intervalos de temperatura mencionados anteriormente.
- 25 La etapa de proporcionar el espaciador puede comprender las etapas de proporcionar, para cada espaciador, un conjunto de piezas similares a un manguito que tiene un borde superior y un borde inferior, para unir cada conjunto de piezas similares a un manguito a un espaciador, de forma que cada pieza similar a un manguito forma una célula en el espaciador. Con tal procedimiento, se puede producir cada célula en el espaciador de forma que encaje en la varilla de combustible que va a ser dispuesta a través de la célula. Sin embargo, las posiciones relativas para las
- 30 células pueden variar de un espaciador a otro.
- Cada una de las piezas similares a un manguito puede tener esencialmente la forma de un cilindro circular. Es relativamente sencillo producir las piezas cilíndricas circulares similares a un manguito.
- El corte perpendicular al eje longitudinal de cada una de las piezas similares a un manguito puede tener, de forma alternativa, esencialmente la forma de un octágono. Con tal corte en las piezas similares a un manguito será más
- 35 sencillo unir las piezas similares a un manguito a un espaciador en comparación con el caso en el que las piezas similares a un manguito tengan un corte transversal esencialmente circular.
- Las piezas similares a un manguito pueden estar unidas lado a lado. De forma alternativa, las piezas similares a un manguito pueden estar unidas con piezas adicionales entre las piezas similares a un manguito para crear canales más grandes para agua de refrigeración entre las células.
- 40 Las piezas similares a un manguito pueden estar unidas mediante soldadura. La soldadura es una forma relativamente simple pero resistente, no obstante, de unir las piezas similares a un manguito.
- La etapa de proporcionar dicho espaciador puede comprender las etapas de proporcionar un conjunto de placas rectas, y de unir las placas cruzadas, de forma que se creen las células por medio de los espacios entre las placas cruzadas. Un espaciador producido de esta forma se designa normalmente espaciador de tipo panel. Durante la
- 45 subsiguiente disposición en el conjunto de mandriles y el tratamiento térmico subsiguiente las paredes que comprenden placas rectas se doblarán, de forma que las células estén adaptadas al conjunto de mandriles.
- El material de los espaciadores puede consistir en uno cualquiera de una aleación basada en circonio, una aleación basada en níquel y acero inoxidable. También es posible utilizar otros materiales en el espaciador, materiales que son adecuados para ser utilizados en reactores nucleares.
- 50 A continuación se describirán realizaciones preferentes de la invención con referencia a los dibujos adjuntos.

**Breve descripción de los dibujos**

- La Fig. 1 muestra de forma esquemática una instalación nuclear en la que los espaciadores producidos con el procedimiento según la invención van a ser dispuestos.
- La Fig. 2 muestra de forma esquemática un conjunto de combustible para un reactor de agua en ebullición.
- 5 La Fig. 3 muestra de forma esquemática un conjunto de combustible para un reactor de agua a presión.
- La Fig. 4 muestra de forma esquemática un espaciador según la primera realización de la presente invención en una vista desde el lateral del espaciador.
- La Fig. 5 muestra de forma esquemática el espaciador de la Fig. 4 en una vista desde arriba.
- La Fig. 6 muestra de forma esquemática un espaciador según una segunda realización de la presente invención.
- 10 La Fig. 7 muestra de forma esquemática un espaciador según una tercera realización de la presente invención.
- La Fig. 8 muestra un conjunto de mandriles sobre el que se disponen dos espaciadores según el procedimiento según la presente invención.
- La Fig. 9 muestra con más detalle un corte transversal de un mandril en el conjunto de mandriles de la Fig. 8, mandril que está dispuesto en una célula en un espaciador.
- 15 La Fig. 10 es un diagrama de flujo de la producción de espaciadores.
- La Fig. 11 es un diagrama de flujo de la producción de espaciadores según la presente invención.

**Descripción de las realizaciones preferentes de la invención**

En la siguiente descripción de las realizaciones preferentes de la invención, se denotarán piezas similares en distintas figuras con el mismo número de referencia.

- 20 La Fig. 1 muestra de forma esquemática un reactor 1 en el que van a ser dispuestos espaciadores producidos con el procedimiento según la invención. El reactor 1 comprende un depósito 2 del reactor, que rodea un núcleo 3, que comprende un número de conjuntos 4 de combustible. Un refrigerante fluye a través del depósito del reactor, refrigerante que es calentado durante el paso a través del depósito 2 del reactor. El vapor de agua es transportado desde el depósito 2 del reactor hasta una unidad 11 de extracción de energía, y desde la misma, a través de primeros tubos 10 y de segundos tubos 12, respectivamente. En la unidad 11 de extracción de energía se recibe energía térmica del refrigerante. La unidad 11 de extracción de energía puede comprender, por ejemplo, una turbina y un condensador (no mostrado). El reactor 1 puede ser del tipo de agua en ebullición, BWR, en el que se utiliza agua como un refrigerante y en el que el agua se evapora en el depósito 2 del reactor y es transportada hasta la unidad 11 de extracción de energía como vapor de agua para accionar una turbina de vapor. De forma alternativa, el reactor 1 puede ser del tipo de agua a presión, PWR, en el que se utiliza agua como un refrigerante y en el que el agua de refrigeración es dirigida a un intercambiador de calor para una evaporización de otro medio en otro circuito que comprende una turbina.

- 35 La Fig. 2 muestra de forma esquemática un conjunto 4 de combustible para un reactor de agua en ebullición. En la realización mostrada, el conjunto 4 de combustible comprende cuatro unidades 20 de combustible, comprendiendo cada una un número de varillas 5 de combustible y está colocada en un espacio contiguo en una caja 21. Los canales de refrigeración se extienden entre estos espacios y las cuatro unidades 20 de combustible. Cada unidad 20 de combustible se mantiene unida por medio de varios espaciadores 30, normalmente entre 3-10 espaciadores.

- 40 La Fig. 3 muestra de forma esquemática un conjunto 4 de combustible para un reactor de agua a presión. El conjunto 4 de combustible comprende una unidad 20 de combustible, que comprende un número de varillas 5 de combustible. Las varillas 5 de combustible en la unidad 20 de combustible se mantienen unidas por medio de espaciadores 30.

- 45 Las Figuras 4 y 5 muestran de forma esquemática un espaciador 30 según una primera realización de la presente invención. La Fig. 4 muestra el espaciador 30 desde el lateral mientras que la Fig. 5 muestra el espaciador 30 desde arriba. El espaciador 30 rodea varias células 31, cada una de las cuales tiene un eje longitudinal x que se concibe que se extienda de forma esencialmente vertical cuando la unidad 20 de combustible está colocada en un reactor 1. Cada célula 31 de ese tipo está dispuesta, en la realización descrita, para recibir una varilla 5 de combustible de tal forma que la varilla de combustible se extiende en paralelo al eje longitudinal x. Cada célula 31 está formada por medio de una pieza 32 similar a un manguito, cada una de las cuales tiene un borde superior 33 y un borde inferior 34. La pieza 32 similar a un manguito también comprende cuatro superficies alargadas 35 de contacto, que en la realización mostrada están elevadas desde el material circundante en la pieza contigua 32 similar a un manguito.
- 50

Cada una de las piezas 32 similares a un manguito de la Fig. 5 tiene esencialmente, perpendicular a la dirección longitudinal x, la forma de un octágono. Las piezas 32 similares a un manguito están fabricadas de metal.

Es conocido en la técnica anterior utilizar uno de varios metales para espaciadores 30. Los ejemplos de metales que pueden ser utilizados para los espaciadores 30 son aleaciones basadas en circonio, aleaciones basadas en níquel al igual que acero inoxidable. Las piezas 32 similares a un manguito pueden estar unidas de cualquier forma conocida en la técnica anterior para unir los componentes. Por ejemplo, es posible soldar entre sí las piezas 32 similares a un manguito. Según la realización mostrada, las piezas 32 similares a un manguito están unidas lado a lado sin ningún componente adicional entre las distintas piezas 32 similares a un manguito.

La Fig. 6 muestra de forma esquemática un espaciador 30 según una segunda realización de la presente invención, estando formadas las células 31 por medio de piezas 32 similares a un manguito, cada una de las cuales tiene esencialmente la forma de un cilindro circular. Las piezas 32 similares a un manguito también comprenden cuatro superficies alargadas 35 de contacto que, en la realización mostrada, están elevadas y se apartan de la forma cilíndrica circular.

La Fig. 7 muestra de forma esquemática un espaciador 30 según una tercera realización de la presente invención. El espaciador 30 ha sido producido uniendo placas rectas 52, que han sido cruzados entre sí, de forma que cada una de las células 31 en el espaciador 30 está definida por el espacio entre dos pares de placas 52 dispuestas de forma paralela, pares que están dispuestos perpendicularmente entre sí.

La Fig. 8 muestra un conjunto de mandriles 40 sobre el que hay dispuestos dos espaciadores 30 según el procedimiento según la presente invención. El conjunto de mandriles 40 comprende una base 41 sobre la que hay dispuesto un conjunto de mandriles 42 con forma de tubo, mandriles que comprenden un eje longitudinal 43. Los mandriles 42 están dispuestos mutuamente con sus ejes longitudinales 43 dispuestos de forma esencialmente paralela. Cada uno de los mandriles tiene forma de tubo con un lado interior, que esencialmente tiene la forma de un cilindro circular, y un lado exterior que tiene esencialmente la forma de un círculo truncado perpendicular al eje longitudinal. Por círculo truncado se quiere decir una forma que comprende segmentos de un círculo 44 con secciones rectas 45 entre los segmentos de un círculo 44, como se muestra con más detalle en la Fig. 8. Cada uno de los mandriles 42 es giratorio en torno a su eje longitudinal.

La Fig. 9 muestra con más detalle un corte transversal de un mandril 42 en el conjunto de mandriles 40 de la fig. 8, mandril 42 que está dispuesto en una célula 31 en un espaciador 30. El mandril de la Fig. 8 tiene la forma de un círculo truncado con segmentos de un círculo entre secciones rectas 45. El mandril es orientable en dos posiciones distintas al girar en torno al eje longitudinal del mandril. En la Fig. 8 el mandril está colocado en una primera posición, de forma que los segmentos de un círculo se encuentran en contacto con las superficies 35 de contacto de la pieza 32 similar a un manguito. Al girar el mandril 45° en torno al eje longitudinal se coloca el mandril en su segunda posición en la que los segmentos de un círculo están dispuestos en torno a las superficies de contacto.

La Fig. 10 es un diagrama de flujo de la producción de espaciadores. En una primera etapa 46 de aprovisionamiento, se proporcionan al menos dos espaciadores 30, según una cualquiera de las realizaciones que han sido descritas anteriormente. En una segunda etapa 47 de aprovisionamiento, se proporciona un conjunto de mandriles que comprende un número de mandriles según la anterior descripción. En una etapa 48 de disposición, los espaciadores 30 están dispuestos uno encima de otro el conjunto de mandriles, de forma que los mandriles están dispuestos a través de todas las células en todos los espaciadores con los ejes longitudinales de los mandriles esencialmente paralelos a los ejes longitudinales de las células. En una etapa 49 de tratamiento térmico los espaciadores son tratados térmicamente cuando están dispuestos sobre el conjunto de mandriles.

El tratamiento térmico se lleva a cabo a una temperatura en el intervalo de 650°C-740°C, y preferentemente en el intervalo de 690°C-720°C. Se ha demostrado que una temperatura adecuada es de 705°C. El tratamiento térmico se lleva a cabo durante 17-23 horas y, preferentemente, durante 19-21 horas. Se ha demostrado que un periodo adecuado de tiempo para el tratamiento térmico es de 20 horas.

La Fig. 11 es un diagrama de flujo de la producción de espaciadores según la presente invención. Solo se describirán las diferencias entre el procedimiento descrito con referencia a la Fig. 10 y el procedimiento descrito con referencia a la Fig. 11. Los mandriles 42 en el conjunto de mandriles 40, que es utilizado en el procedimiento según esta realización alternativa, son giratorios en torno a sus ejes longitudinales. En una primera etapa 50 de colocación que precede a la etapa 48 de disposición, cada uno de los mandriles 42 está colocado en la segunda posición, segunda posición en la que es posible disponer los espaciadores sobre el conjunto de mandriles 40 sin que los mandriles hagan contacto con las superficies 35 de contacto en las células 31. Después de la etapa 48 de disposición también se lleva a cabo una segunda etapa 51 de colocación en la que se giran los mandriles 42 hasta la primera posición en la que los mandriles se encuentran en contacto con las superficies 35 de contacto en las células 31.

Se pueden modificar las realizaciones descritas de muchas formas sin alejarse del alcance de la presente invención que solo está limitada por las reivindicaciones adjuntas.

Es posible disponer un número arbitrario de espaciadores uno encima de otro sobre el conjunto de mandriles antes del tratamiento térmico.

Es posible llevar a cabo el tratamiento térmico dentro del ámbito de la invención a otras temperaturas distintas de las que se han indicado como más preferentes.

## REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para la producción de espaciadores para retener al menos un número de varillas alargadas (5) de combustible en una unidad (20) de combustible para su colocación en un reactor (1), en el que cada espaciador (30) rodea un número de células (31), cada una de las cuales tiene un eje longitudinal (x) y está dispuesta para recibir una varilla (5) de combustible, de tal forma que la varilla de combustible se extiende en paralelo al eje longitudinal (x), en el que cada una de las células (31) comprende un número de superficies (35) de contacto que se extienden esencialmente en paralelo al eje longitudinal (x) para un contacto contra la varilla (5) de combustible a ser recibida en la célula (31), y en el que el procedimiento comprende la etapa de proporcionar al menos dos espaciadores (30), comprendiendo el procedimiento las etapas de
- proporcionar un conjunto de mandriles (40) que comprende un número de mandriles (42) con ejes longitudinales asociados (43), mandriles que (42) están dispuestos sobre una base común (41) y mandriles que (42) están dispuestos mutuamente con sus ejes longitudinales (43) esencialmente paralelos, disponer al menos dos espaciadores (30) uno encima del otro sobre el conjunto de mandriles (40), de forma que los mandriles (42) estén dispuestos a través de todas las células (31) en todos los espaciadores (30) con los ejes longitudinales (43) de los mandriles (42) esencialmente paralelos a los ejes longitudinales (x) de las células (31), de forma que las células (31) que estén dispuestas una encima de la otra están intersectadas por un mandril común (42), y tratar térmicamente los espaciadores (30) cuando están dispuestos sobre el conjunto de mandriles (40), de forma que las células (31) en los espaciadores (30) se adapten a los mandriles (42), en el que los mandriles (42) en el conjunto de mandriles (40) están colocados en una primera posición antes de que los espaciadores (30) estén dispuestos sobre el conjunto de mandriles (42), primera posición en la que es posible disponer un espaciador (30) sobre el conjunto de mandriles (40) sin que los mandriles (42) hagan contacto con el espaciador (30), y en el que los mandriles (42) en el conjunto de mandriles (40) están colocados en una segunda posición al girar los mandriles (42) en torno a los ejes longitudinales (43) de los mandriles antes de que comience el tratamiento térmico, segunda posición en la que los mandriles (42) hacen contacto con las superficies (35) de contacto de las células (31).
2. Un procedimiento según la reivindicación 1, en el que los mandriles (42) tienen forma de tubo.
3. Un procedimiento según la reivindicación 1 o 2, en el que al menos tres espaciadores (30) están dispuestos sobre el conjunto de mandriles (40) antes del tratamiento térmico.
4. Un procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que cada uno de los mandriles (42) sobre el conjunto de mandriles (40) en un corte transversal, perpendicular al eje longitudinal (43) del mandril (42), tiene la forma de un círculo truncado.
5. Un procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el tratamiento térmico se lleva a cabo a una temperatura en el intervalo de 650°C-740°C, y preferentemente en el intervalo de 690°C-720°C.
6. Un procedimiento según la reivindicación 5, en el que el tratamiento térmico continúa durante 17-23 horas, y preferentemente durante 19-21 horas.
7. Un procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la etapa de proporcionar dichos espaciadores (30) comprende las etapas para cada espaciador (30) de proporcionar un conjunto de piezas (32) similares a un manguito que tienen un borde superior (33) y un borde inferior (34), que unen cada conjunto de piezas (32) similares a un manguito con un espaciador (30), de forma que cada pieza (32) similar a un manguito forme una célula (31) en el espaciador (30).
8. Un procedimiento según la reivindicación 7, en el que cada una de las piezas (32) similares a un manguito tiene la forma de un cilindro circular.
9. Un procedimiento según la reivindicación 7, en el que el corte transversal perpendicular al eje longitudinal de cada una de las piezas (32) similares a un manguito tiene esencialmente la forma de un octágono.
10. Un procedimiento según la reivindicación 9, en el que las piezas (32) similares a un manguito están unidas lado a lado.
11. Un procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 7-10, en el que las piezas (32) similares a un manguito están unidas por medio de soldadura.
12. Un procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1-6, en el que la etapa de proporcionar dicho espaciador (30) comprende las etapas de proporcionar un conjunto de placas rectas (52), y de unir las placas (52) cruzadas de manera que se formen las células (31) mediante los espacios entre las placas cruzadas (52).

13. Un procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el material en los espaciadores (30) consiste en una aleación basada en circonio.
14. Un procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el material en los espaciadores (30) consiste en una aleación basada en níquel.
- 5 15. Un procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el material en los espaciadores (30) consiste en acero inoxidable.

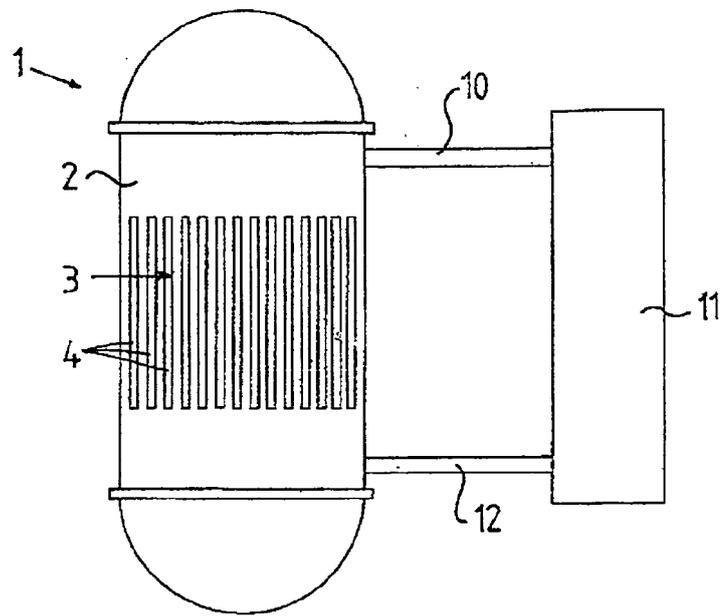


Fig 1

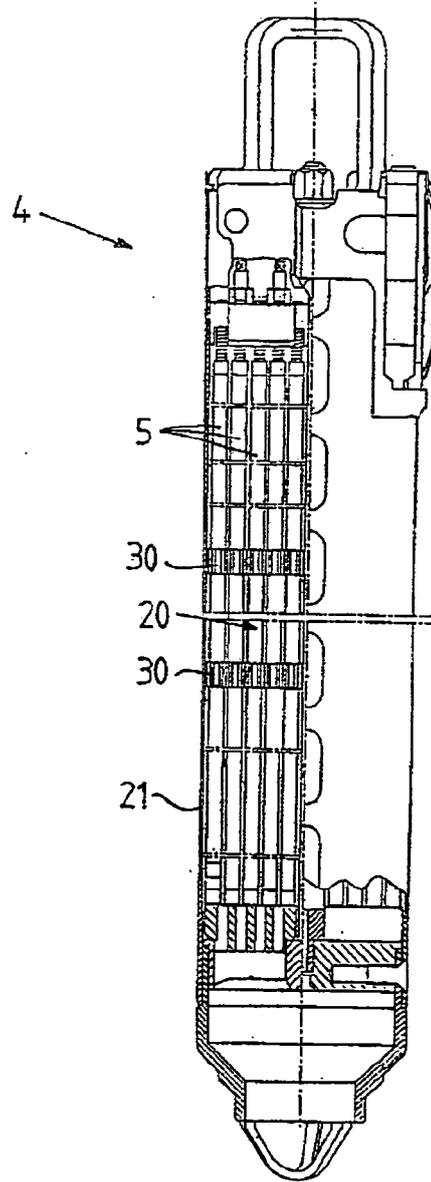


Fig 2

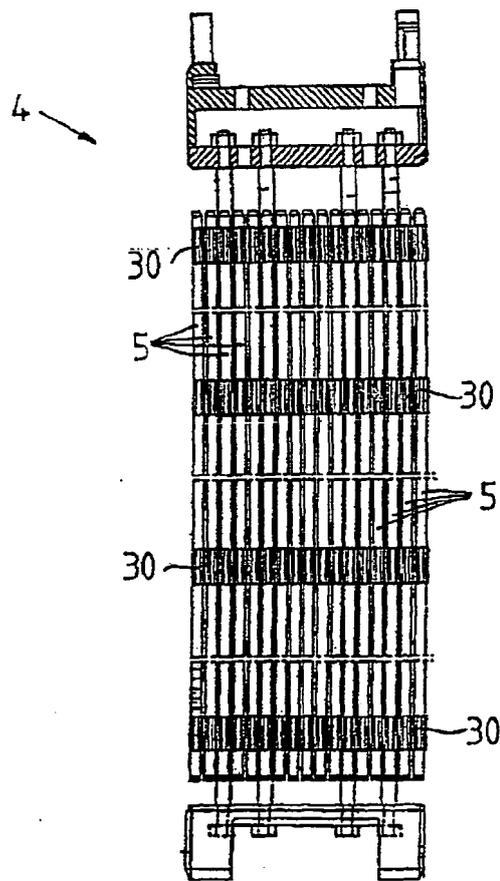


Fig 3

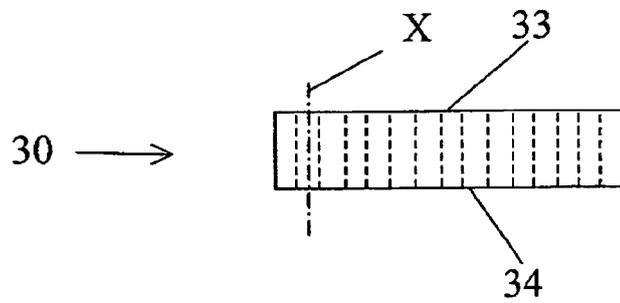


Fig 4

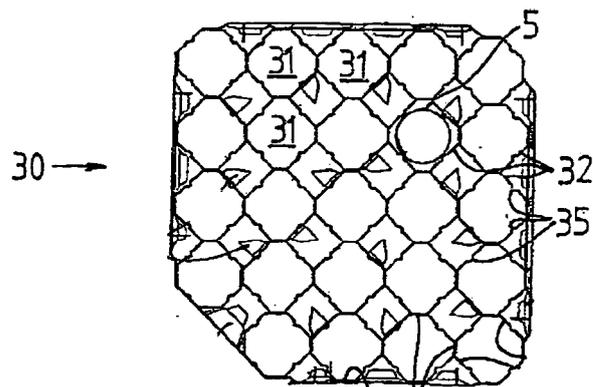


Fig 5

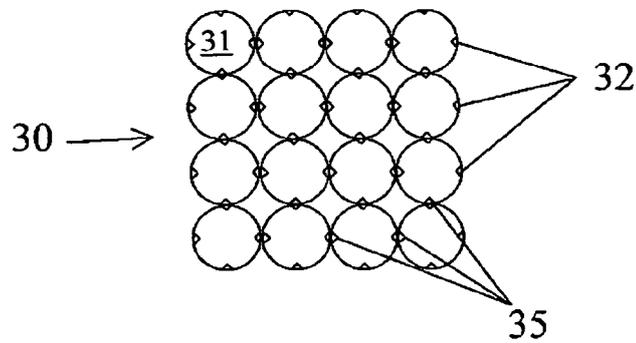


Fig 6

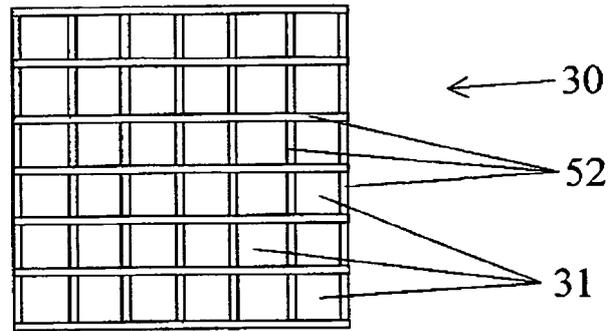


Fig 7

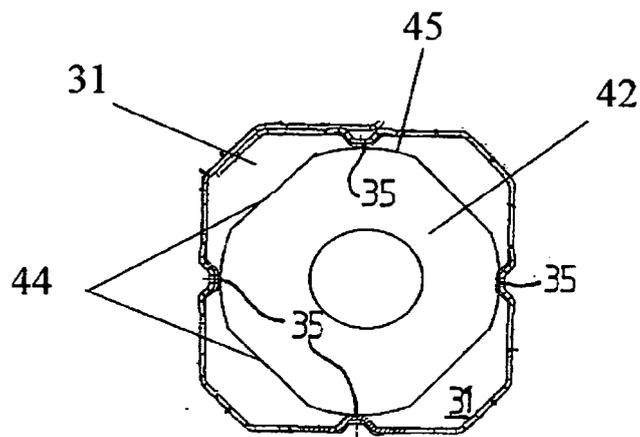


Fig 9

Fig 10

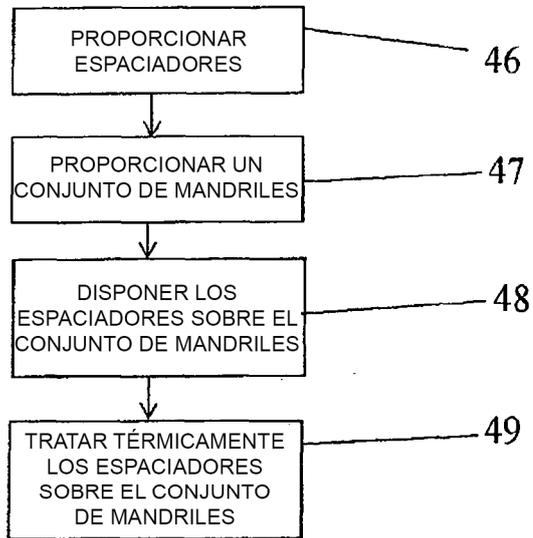
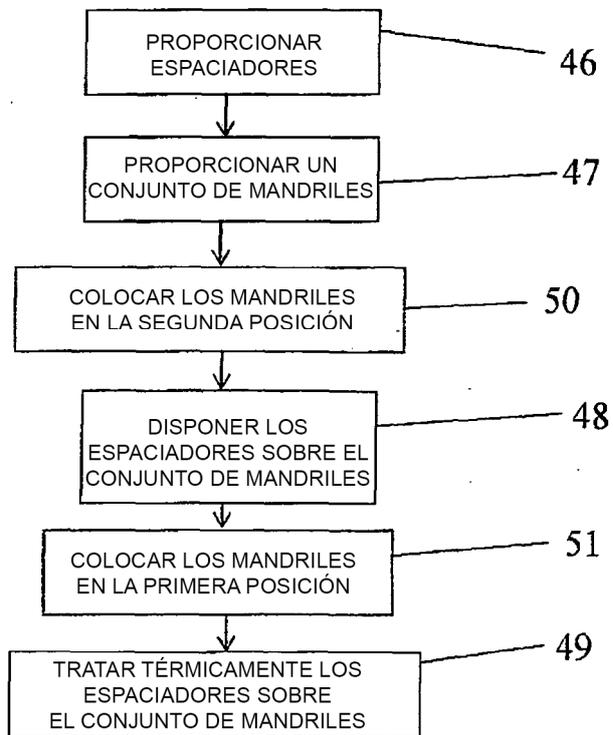


Fig 11



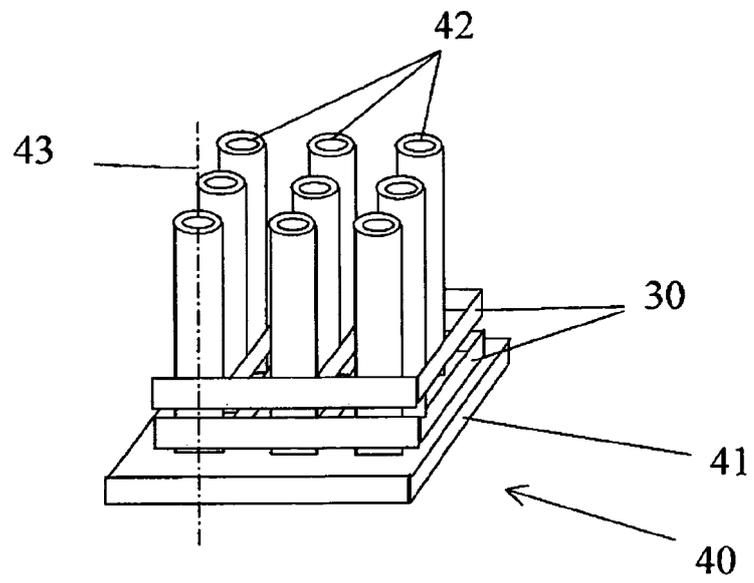


Fig 8