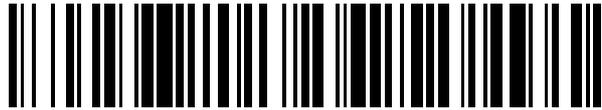


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 575 524**

51 Int. Cl.:

C22F 1/18 (2006.01)

C22C 16/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.12.2007 E 07852251 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.03.2016 EP 2122002**

54 Título: **Rejilla espaciadora para colocación de barras de combustibles**

30 Prioridad:

16.01.2007 US 880398 P
09.03.2007 SE 0700587

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
29.06.2016

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

HALLSTADIUS, LARS;
DAHLBÄCK, MATS;
BATES, JOHN;
DOUGHERTY, JAMES;
KING, STEVEN y
COMSTOCK, ROBERT

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 575 524 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

Rejilla espaciadora para colocación de barras de combustibles

Campo técnico

5 La presente invención se refiere a un método de fabricación de una lámina de metal optimizada de una aleación basada en circonio. La invención también se refiere a un método de fabricación de una rejilla espaciadora para la colocación de barras combustibles en un conjunto combustible en una central nuclear.

Técnica anterior

10 Las rejillas espaciadoras están presentes normalmente en una pluralidad de ubicaciones a lo largo de agrupaciones de barras combustibles, definen rejillas a través de las que se extienden las barras y mantienen las barras en su posición.

15 Las rejillas espaciadoras pueden fabricarse de muchas maneras diferentes. Un método de fabricación de una rejilla espaciadora se basa en el uso de una lámina de metal de una aleación basada en circonio. La lámina de metal de la aleación basada en circonio se somete a varias etapas de laminado, en las que la lámina de metal se somete a tratamientos térmicos entre las etapas de laminado con el fin de lograr una relajación y una estructura en la aleación que promueve etapas de laminado posteriores. Sin embargo, una lámina de metal de una aleación basada en circonio producida de esta manera convencional tendrá, debido a la microestructura del material formado de ese modo, una tendencia de crecimiento diferente en direcciones diferentes en la lámina de metal, cuando se expone a radiación de neutrones, que es el caso en el que se usa como un elemento de rejilla espaciadora en diferentes tipos de centrales nucleares. El motivo de ello es que el laminado de la lámina de metal conduce a una orientación preferida de la estructura en el material. Bajo la presunción de que la lámina de metal es generalmente plana, la tendencia de crecimiento principal será, en la práctica, en una dirección que es paralela a la dirección de laminación, habrá una tendencia de crecimiento algo menor en una dirección en el plano de lámina perpendicular a la dirección de laminado, y la menor tendencia de crecimiento será en la dirección normal, es decir, en la dirección de grosor de la lámina de metal. Cuando la lámina de metal se somete a radiación de neutrones, el crecimiento tendrá lugar en la dirección o en aquellas direcciones en la(s) que es más susceptible de crecer, mientras tiene lugar una contracción correspondiente en cualquiera de o en todas las demás direcciones. Este es el resultado inmediato de mantener constante el volumen de la lámina de metal cuando se somete a radiación de neutrones. Durante la radiación de neutrones la lámina de metal crecerá, en la práctica, de manera predominante en la dirección de laminado, algo menos de manera transversal a la dirección de laminado, y se contraerá en la dirección de grosor.

20 Esto crea un problema cuando tal lámina de metal se usa de una manera convencional para formar paredes de una rejilla espaciadora para colocación de barras combustibles en una central de energía nuclear. De manera más precisa, la rejilla espaciadora define varias celdas de rejilla a través de las cuales discurren las barras combustibles y cuyas paredes están formadas por dicha lámina de metal. De ese modo, la lámina de metal crece en una dirección transversal a la dirección de longitud de las celdas de rejilla, al tiempo que disminuye simultáneamente el grosor de pared, lo que da como resultado un aumento del área transversal de las celdas de rejilla y una formación de una holgura entre las paredes de las mismas y las barras combustibles. En condiciones desfavorables, tales como durante el funcionamiento de un reactor PWR, las barras combustibles estarán sometidas por consiguiente, debido a dicha holgura, a un desgaste severo contra aquellas partes de rejilla espaciadora con las que de ese modo entran en contacto, a través de vibración. A la larga, esto puede dar como resultado una formación de orificios en las paredes de las barras combustibles y la fuga de material radioactivo a los alrededores. Puesto que las barras combustibles están hechas también de un material susceptible de crecer, aparecerá otro efecto de creación de holgura puesto que el diámetro de las barras combustibles disminuye cuando se someten a radiación de neutrones.

25 En la descripción de la técnica anterior en el documento EP 0869 197 B1 se describe un método que resuelve de manera parcial este problema. La dirección de las láminas que se extienden de manera perpendicular a la dirección longitudinal de las celdas de rejilla se disponen de tal manera que esta dirección coincide con la dirección de las láminas que discurren transversales a la dirección de laminación. De ese modo, se obtiene un crecimiento sustancialmente reducido en esta dirección, pero, no obstante, se obtiene un crecimiento que es suficientemente grande para crear el problema de la formación de una holgura.

30 El problema puede remediarse también, hasta cierto punto, embutiendo protuberancias hacia fuera de las paredes de rejilla espaciadora, proporcionándose dichas protuberancias para que las porten las barras combustibles como resortes, y para continuar portando estas últimas mientras tiene lugar el crecimiento. Sin embargo, las aleaciones de circonio un límite de elasticidad algo bajo para ser totalmente adecuadas como material de resortes, por lo que, en la práctica, las protuberancias solo pueden compensar una holgura tan grande como la que posiblemente se origina debido a la disminución del diámetro de las barras combustibles. Las protuberancias no pueden compensar la holgura total que se forma entre las paredes de rejilla espaciadora y las superficies externas de las barras combustibles debido a la contracción del diámetro y crecimiento de pared de rejilla espaciadora. Después del primero de una pluralidad de ciclos de radiación, el material de la rejilla espaciadora también se ha relajado, por lo que la capacidad de las protuberancias para compensar la disminución del diámetro de las barras combustibles en

los ciclos posteriores se reduce sustancialmente.

5 El documento US-A-4 918 710 describe la fabricación de una rejilla de soporte cruzado para un conjunto combustible. Esta rejilla está producida en una aleación basada en circonio. Las placas o láminas de la aleación basada en circonio se conforman en frío con las placas en el estado $\alpha+\beta$ Zr. La rejilla puede tratarse también en la fase α . Mediante el corte y estampado de las placas se forman resaltes de soporte para las barras combustibles.

10 La invención según el documento EP 0 869 197 B1 proporciona una solución alternativa al problema de desgaste abrasivo de barras combustibles contra las paredes de rejilla espaciadora debido a un crecimiento de la rejilla espaciadora cuando se somete a radiación de neutrones. Como solución, el documento EP 0 869 197 B1 proporciona un método que comprende las etapas de proporcionar una lámina de una aleación basada en circonio, someter la lámina a un primer tratamiento térmico que comprende extinción β , someter la lámina a un posterior tratamiento térmico en la región de temperatura de fase α de la aleación basada en circonio, y después embutir partes de la lámina con el fin de hacer que esas partes sobresalgan de la superficie de la lámina y para lograr superficies de soporte para las barras combustibles.

15 Una desventaja del método descrito en el documento EP 0 869 197 B1 es que el equipo para extinción β es relativamente caro.

Aunque las soluciones de la técnica anterior han proporcionado rejillas espaciadoras que funcionan es todavía deseable proporcionar una alternativa a las rejillas espaciadoras de la técnica anterior. También es deseable proporcionar un método de fabricación de rejillas espaciadoras que evite la necesidad de extinción β .

20 El documento US 4881992 describe un proceso para la producción de una tira de Zircaloy 2 o 4. Después de trabajar en caliente un lingote para proporcionar un tocho, dicho tocho se lamina en frío para formar una tira con operaciones de recocido intermedias, en las que: (a) cada una de las dos últimas operaciones de recocido intermedias es un tratamiento durante desde 0,5 min hasta 10 min a entre 750 y 650°C, (b) el tratamiento térmico final a continuación de la última operación de laminado es durante desde 1,5 a 7 min a entre 590 y 630°C, y (c) la tira se lamina con grados de deformación particulares para cada una de las tres últimas operaciones de laminado. El documento describe también la tira producida, que tiene además en sección transversal un grano más fino que ASTM 11 y una recristalización parcial que afecta a desde el 20 hasta el 40% del volumen. La tira se usa en particular para la producción de rejillas espaciadoras usadas en elementos de combustible nuclear.

30 El documento EP 1688508 A1 describe un material compuesto de aleación basada en circonio que tiene una excelente resistencia a la deformación por fluencia y, más particularmente, un material compuesto de aleación basada en circonio tratado térmicamente al final para tener el grado de recristalización en el intervalo de 40-70% con el fin de mejorar la resistencia a la deformación por fluencia. La aleación de circonio fabricada con la composición según el documento puede usarse de manera efectiva como un tubo de envainadura nuclear, que soporta retículos y estructuras internas de núcleo de reactor en una central de energía nuclear que utiliza luz o reactor de agua pesada.

35 El documento WO 2005/035817 A2 se refiere a un método de producción de un producto de aleación de circonio plano con un factor de Kearns (dirección transversal) de entre 0,3 y 0,7. El método consiste en: producir un lingote que contiene Nb = del 0,5 al 3,5 %, Sn = del 0 al 1,5 %, Fe = del 0 al 0,5 %, Cr + V = del 0 al 0,3 %, S = de 0 a 100 ppm, O = de 0 a 2000 ppm, Si = de 0 a 150 ppm, siendo el resto circonio e impurezas; dar forma al lingote mencionado anteriormente; realizar una o más operaciones de laminado en caliente con el fin de obtener un producto plano, por lo que la última operación se realiza a entre $(810-20 \times \text{Nb}\%)^{\circ}\text{C}$ y 1100°C y no va seguida de ninguna extinción desde la fase alfa + beta o beta; realizar opcionalmente una operación de recocido a un máximo de 800°C; y realizar una o más operaciones de laminado en frío y recocido, realizándose dichas operaciones de recocido a un máximo de 800°C. El documento también se refiere al producto de aleación de circonio plano obtenido de este modo. El documento se refiere adicionalmente a una rejilla de soporte para barras combustibles en un reactor de central nuclear, que se obtiene dando forma al producto plano.

45 El documento US 5223055 describe un método para crear una tira de Zircaloy 2 ó 4, en la que se trabaja un lingote, conformada aproximadamente para dar un tocho que se extingue después del intervalo beta, se lamina en caliente en el intervalo alfa, se somete a recocido y se lamina en frío a de 0,3 a 0,9 mm. El O y C, en ppm, se seleccionan para satisfacer la fórmula: $\text{O}_2 < 1200 - 0,75 \times \text{C (R)}$ de modo que se obtiene sistemáticamente una textura T para grosores de al menos 0,8 mm. La divulgación también se refiere a las tiras obtenidas. El método puede aplicarse para obtener tiras de conformabilidad excelente para la producción de componentes para reactores de agua nuclear.

Sumario de la invención

Un objeto de la presente invención es proporcionar un método de fabricación de una lámina de metal optimizada de una aleación basada en circonio sin usar extinción β , lámina de metal optimizada que presenta un crecimiento pequeño en al menos una dirección cuando se somete a irradiación de neutrones.

55 Otro objeto de la presente invención es proporcionar un método de fabricación de una rejilla espaciadora para la colocación de barras combustibles en un conjunto combustible en una central nuclear sin usar extinción β , rejilla

espaciadora que presenta un crecimiento pequeño de manera perpendicular a las barras combustibles cuando se somete a irradiación de neutrones.

Los objetos anteriores se satisfacen con métodos según las reivindicaciones independientes.

Adicionalmente se consiguen ventajas con las características de las reivindicaciones dependientes.

- 5 Una idea básica de la presente invención es proporcionar un método con el que es posible fabricar una lámina de metal que tiene un factor de Kearns cercano a 0,33 en al menos una dirección sin usar extinción β .

Según un primer aspecto de la presente invención se proporciona un método de fabricación de una lámina de metal optimizada de una aleación basada en circonio, lámina de metal optimizada que define un plano de lámina. El método comprende la etapa de proporcionar una lámina de metal de una aleación basada en circonio. El método está caracterizado porque el método comprende las etapas de someter la lámina de metal a al menos un laminado en frío de preparación y un laminado en frío final, en el que tanto el laminado en frío de preparación como el laminado en frío final se realizan en una dirección de laminado común, tratar térmicamente la lámina de metal entre el laminado en frío de preparación y el laminado en frío final de modo que la aleación basada en circonio se recristaliza parcialmente, en el que el grado de recristalización en el tratamiento térmico es de al menos el 20 por ciento y no más del 90 por ciento.

Con un método según el primer aspecto de la invención es posible conseguir un factor de Kearns cercano a 0,33 perpendicular a la dirección de laminado en el plano de lámina de la lámina de metal optimizada sin usar extinción β . Por tanto, cuando se construye una planta para fabricación de rejillas espaciadoras para barras combustibles en un conjunto combustible en un reactor nuclear es posible evitar inversiones en hornos adecuados para una extinción β .

20 El método puede comprender también al menos un laminado en frío anterior al laminado en frío de preparación. Tales laminados en frío adicionales pueden incluirse en el método sin afectar al resultado final con la lámina de metal que tiene un factor de Kearns cercano a 0,33 perpendicular a la dirección de laminado en el plano de lámina de la lámina de metal optimizada.

25 La dirección de laminado en dicho al menos un laminado en frío anterior al laminado en frío de preparación es, de manera preferida, esencialmente la misma que la dirección de laminado en el laminado en frío de preparación y el laminado en frío final. De esta manera se optimiza el resultado final.

Con el fin de conseguir un factor de Kearns cercano a 0,33 el grado de recristalización en el tratamiento térmico debe ser del 20 por ciento - 90 por ciento.

30 Con el fin de conseguir un factor de Kearns tan cercano como sea posible a 0,33 el grado de recristalización en el tratamiento térmico es preferiblemente del 40-60 por ciento.

La reducción de grosor durante el laminado en frío final puede ser del 40-60 por ciento del grosor de la lámina de metal perpendicular al plano de lámina anterior al laminado en frío final. Con esta cantidad de laminado en frío puede conseguirse un factor de Kearns cercano a 0,33.

35 La reducción de grosor durante el laminado en frío de preparación puede ser del 40-60 por ciento del grosor de la lámina de metal perpendicular al plano de lámina anterior al laminado en frío de preparación. Durante el laminado en frío de preparación la estructura cristalina de la aleación de circonio se destruye al menos parcialmente. Mediante una reducción del 40-60 por ciento se consigue un resultado óptimo.

40 Durante el tratamiento térmico a continuación del laminado en frío de preparación se recristaliza parcialmente la aleación de circonio. El grado de recristalización depende de la temperatura durante el tratamiento térmico y la duración del tratamiento térmico. El tratamiento térmico puede realizarse en un horno continuo o en un horno discontinuo. En un horno continuo la lámina de metal se transfiere lentamente a través del horno mientras que en un horno discontinuo la lámina de metal se encuentra en reposo.

45 Si el tratamiento térmico se realiza en un horno continuo el tratamiento térmico se realiza a una temperatura de 580°C-650°, preferiblemente a una temperatura de 580°C- 630°C y más preferiblemente a una temperatura de 580°C- 600°C.

Las temperaturas mencionadas anteriormente se adaptan para un horno continuo en el que el tiempo del tratamiento térmico se limita. A las temperaturas mencionadas anteriormente el tratamiento térmico se realiza preferiblemente durante 4-10 minutos.

50 Cuando se realiza el tratamiento térmico en un horno discontinuo la duración del tratamiento térmico puede elegirse libremente. En un horno discontinuo el tratamiento térmico puede realizarse a una temperatura de 520°C-560°C durante 1-6 horas.

La aleación basada en circonio comprende preferiblemente al menos el 96 por ciento en peso de circonio. También es posible usar aleaciones de circonio con un contenido más alto de circonio en un método según la invención, pero

los mejores resultados se consiguen con un contenido en circonio de al menos el 96 por ciento.

La aleación basada en circonio puede comprender uno cualquiera de varios materiales de aleación diferentes.

5 Un primer ejemplo de un material de aleación que se contempla para la aleación basada en circonio en una rejilla espaciadora es niobio. En una rejilla espaciadora la aleación basada en circonio puede comprender el 0,8-1,2 por ciento en peso de niobio, preferiblemente el 1,0-1,1 por ciento en peso de niobio y más preferiblemente el 1,02-1,04 por ciento en peso de niobio.

Un segundo ejemplo de un material de aleación que se contempla para la aleación basada en circonio en una rejilla espaciadora es estaño. En una rejilla espaciadora la aleación basada en circonio puede comprender el 0,6-1,2 por ciento en peso de estaño y preferiblemente el 0,6-0,8 por ciento en peso de estaño.

10 Un tercer ejemplo de un material de aleación que se contempla para la aleación basada en circonio en una rejilla espaciadora es hierro. En una rejilla espaciadora la aleación basada en circonio puede comprender el 0,1-0,3 por ciento en peso de hierro.

Una aleación basada en circonio usada en un método según la invención puede comprender cualquier combinación de los materiales de aleación mencionados anteriormente.

15 En una realización preferida la aleación basada en circonio comprende solo estaño, hierro y niobio. Cualquier material de aleación adicional está presente en una concentración por debajo de un 0,05 por ciento en peso.

20 Según un segundo aspecto de la presente invención se proporciona un método para la fabricación de una rejilla espaciadora para la colocación de barras combustibles en un conjunto combustible en una central nuclear, rejilla espaciadora que define celdas de rejilla para las barras combustibles. El método está caracterizado porque el método comprende las etapas de proporcionar una lámina de metal optimizada según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, cortar la lámina de metal optimizada en tiras de metal con sus ejes longitudinales perpendiculares a la dirección de laminado, y disponer las tiras para formar la rejilla espaciadora de modo que el eje longitudinal de las tiras se extiende de manera perpendicular a la dirección longitudinal de las celdas de rejilla.

A continuación se describirán realizaciones preferidas de la invención con referencia a los dibujos adjuntos.

25 **Breve descripción de los dibujos**

La figura 1a muestra una lámina de metal que se usa en un método según una realización de la invención para fabricar una lámina de metal optimizada.

La figura 1b muestra una lámina de metal optimizada que se ha fabricado usando un método según una realización de la presente invención.

30 La figura 2 muestra una rejilla espaciadora según una realización de la presente invención.

Descripción de realizaciones preferidas

En la siguiente descripción de realizaciones preferidas de la invención se indicarán características similares con el mismo número de referencia en las diferentes figuras.

35 La figura 1a muestra una lámina de metal 2 que se usa en un método según una realización de la invención para fabricar una lámina de metal optimizada 1. La figura 1b muestra una lámina de metal optimizada 1 que se ha fabricado usando un método según una realización de la presente invención. La lámina de metal 2 así como la lámina de metal optimizada 1 tienen un eje longitudinal A y un eje transversal B que juntos definen un plano de lámina BA. La lámina de metal y la lámina de metal optimizada 1 tienen un grosor a lo largo de un eje de grosor C perpendicular al plano de lámina BA.

40 La lámina de metal optimizada 1 se fabrica comenzando por un electrodo de una aleación de circonio, que comprende aproximadamente el 0,8-1,2 por ciento en peso de niobio, el 0,1-0,3 por ciento en peso de hierro y el 0,6-0,8 por ciento en peso de estaño basándose en el peso del electrodo, y que se ha fabricado presionando conjuntamente briquetas de circonio junto con materiales de aleación. El electrodo se funde por vacío a una pieza colada que después se funde por vacío al menos una vez, con lo cual se forja la pieza colada a un material que tiene un grosor de 100-125 mm, que a su vez se trabaja y se acondiciona su superficie. Entonces, el material se somete a extinción β . El material se lamina en caliente después en varias etapas para formar la lámina de metal 2. El número de etapas y los grosores después de cada laminado en caliente dependen del grosor final que se desea en la lámina de metal 2.

El material puede fabricarse mediante otros métodos diferentes al descrito anteriormente.

50 La lámina de metal 2 que se ha preparado según la descripción anterior se somete entonces a al menos un laminado en frío de preparación. La dirección de laminado durante el laminado en frío de preparación es a lo largo

- del eje longitudinal A. La lámina de metal 2 se reduce de grosor a lo largo del eje de grosor C. La reducción de grosor durante el laminado en frío de preparación es de un 40-60 por ciento del grosor de la lámina de metal a lo largo del eje C anterior al laminado en frío de preparación. Después del laminado en frío de preparación la lámina de metal 2 se somete a un tratamiento térmico de modo que la aleación basada en circonio se recristaliza parcialmente.
- 5 El tratamiento térmico se realiza en un horno continuo durante 4-10 minutos a una temperatura de 580-650°C, preferiblemente a una temperatura de 580-630°C y más preferiblemente a una temperatura de 580-600°C. El grado de recristalización durante el tratamiento térmico es del 20-90 por ciento y preferiblemente del 40-60 por ciento. Después del tratamiento térmico la lámina de metal 2 se somete a un laminado en frío final hasta una dimensión terminada. La dirección de laminado durante el laminado en frío final es a lo largo del eje longitudinal A. La reducción de grosor durante el laminado en frío final es del 40-60 por ciento del grosor de la lámina de metal 2 a lo largo del eje C anterior al laminado en frío final. Una lámina de metal optimizada 1 se ha fabricado de ese modo. La lámina de metal optimizada 1 preparada según el método descrito tiene un factor de Kearns cercano a 0,33 a lo largo del eje transversal B.
- 10
- Es posible incluir laminados en frío adicionales antes del laminado en frío de preparación. Tales laminados en frío adicionales van seguidos de tratamientos térmicos para recristalizar la aleación de circonio en la lámina de metal 2 antes del siguiente laminado en frío adicional o el laminado en frío de preparación.
- 15
- Según una realización alternativa del método el tratamiento térmico entre el laminado en frío de preparación y el laminado en frío final se realiza en un horno discontinuo durante 1-6 horas a una temperatura de 520-590°C.
- 20
- La figura 2 muestra una rejilla espaciadora 3 según una realización de la presente invención. La rejilla espaciadora 3 comprende varias tiras de metal 4 que forman celdas de rejilla 5 para barras combustibles. Las celdas de rejilla 5 definen una dirección longitudinal 6. Las tiras de metal 4 se han formado a partir de la lámina de metal optimizada 1 cortando la lámina de metal optimizada 1 a lo largo de las líneas 7 tal como se muestra en la figura 1b de modo que el eje longitudinal B de las tiras de metal 4 coincide con el eje transversal B de la lámina de metal optimizada 1 y por tanto es perpendicular al eje longitudinal A de la lámina de metal optimizada 1. Las tiras de metal 4 están dispuestas en la rejilla espaciadora 3 de modo que el eje longitudinal de las tiras de metal 4 es perpendicular a la dirección longitudinal 6 de las celdas de rejilla 5. El factor de Kearns de la rejilla espaciadora 3 a lo largo del eje longitudinal de las tiras de metal y perpendicular a la dirección longitudinal 6 de las celdas de rejilla 5 es cercano a 0,33.
- 25
- Cuando una rejilla espaciadora 3 según la invención se usa en un reactor nuclear la rejilla espaciadora 3 estará sometida a irradiación de neutrones y crecerá debido a la irradiación de neutrones. La rejilla espaciadora mantendrá, sin embargo, un tamaño constante perpendicular a la dirección longitudinal de las celdas de rejilla 5 debido a que el factor de Kearns de la rejilla espaciadora es cercano a 0,33 en esta dirección.
- 30
- Por ejemplo, no es necesario que la aleación de circonio incluya todos los materiales de aleación mencionados anteriormente.
- Es suficiente para la aleación de circonio incluir uno de los materiales de aleación mencionados anteriormente.
- 35
- Por motivos de simplificación, se muestra que la rejilla espaciadora en la figura 2 tiene solo 9 celdas de rejilla. Es posible dotar a la rejilla espaciadora de cualquier número deseable de celdas de rejilla.

REIVINDICACIONES

1. Método de fabricación de una lámina de metal optimizada (1) de una aleación basada en circonio, lámina de metal optimizada (1) que define un plano de lámina (BA), comprendiendo el método la etapa de proporcionar una lámina de metal (2) de una aleación basada en circonio, caracterizado porque el método comprende las etapas de
5
someter la lámina de metal (2) a al menos un laminado en frío de preparación y un laminado en frío final, en el que tanto el laminado en frío de preparación como el laminado en frío final se realizan en una dirección de laminado común,
10
tratar térmicamente la lámina de metal (2) entre el laminado en frío de preparación y el laminado en frío final de modo que se recristaliza parcialmente la aleación basada en circonio, en el que el grado de recristalización en el tratamiento térmico es de al menos el 20 por ciento y no más del 90 por ciento.
2. Método según la reivindicación 1, que comprende también al menos un laminado en frío anterior al laminado en frío de preparación.
3. Método según la reivindicación 2, en el que la dirección de laminado en dicho al menos un laminado en frío anterior al laminado en frío de preparación es esencialmente la misma que la dirección de laminado en el laminado en frío de preparación y el laminado en frío final.
4. Método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el grado de recristalización en el tratamiento térmico es de al menos el 40 por ciento.
5. Método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el grado de recristalización en el tratamiento térmico no es de más del 60 por ciento.
6. Método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la reducción de grosor durante el laminado en frío final es de un 40-60 por ciento del grosor de la lámina de metal (2) perpendicular al plano de lámina (BA) anterior al laminado en frío final.
7. Método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la reducción de grosor durante el laminado en frío de preparación es del 40-60 por ciento del grosor de la lámina de metal (2) perpendicular al plano de lámina (BA) anterior al laminado en frío de preparación.
8. Método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el tratamiento térmico se realiza en un horno continuo.
9. Método según la reivindicación 8, en el que el tratamiento térmico se realiza a una temperatura de 580°C-650°C.
10. Método según la reivindicación 8 ó 9, en el que el tratamiento térmico se realiza a una temperatura de 580°C-600°C.
11. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 8-10, en el que el tratamiento térmico se realiza durante 4-10 minutos.
12. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 1-4, en el que el tratamiento térmico se realiza en un horno discontinuo.
13. Método según la reivindicación 12, en el que el tratamiento térmico se realiza a una temperatura de 520°C-590°C.
14. Método según la reivindicación 12 ó 13, en el que el tratamiento térmico se realiza durante 1-6 horas.
15. Método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la aleación basada en circonio comprende al menos el 96 por ciento en peso de circonio.
16. Método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la aleación basada en circonio comprende el 1,0-1,1 por ciento en peso de niobio.
17. Método según la reivindicación 16, en el que la aleación basada en circonio comprende el 1,02-1,04 por ciento en peso de niobio.
18. Método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la aleación basada en circonio comprende el 0,6-0,8 por ciento en peso de estaño.
19. Método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la aleación basada en circonio comprende el 0,1-0,3 por ciento en peso de hierro.

20. Método de fabricación de una rejilla espaciadora (3) para la colocación de barras combustibles en un conjunto combustible en una central nuclear, la rejilla espaciadora (3) define celdas de rejilla (5) para las barras combustibles, caracterizado porque el método comprende las etapas de

proporcionar una lámina de metal optimizada (1) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores,

5 cortar la lámina de metal optimizada (1) en tiras de metal (4) con sus ejes longitudinales (B) perpendiculares a la dirección de laminado, y

disponer las tiras de metal (4) para formar la rejilla espaciadora (3) de modo que los ejes longitudinales (B) de las tiras de metal (4) se extienden de manera perpendicular a la dirección longitudinal (6) de las celdas de rejilla (5).

10

Fig 1a

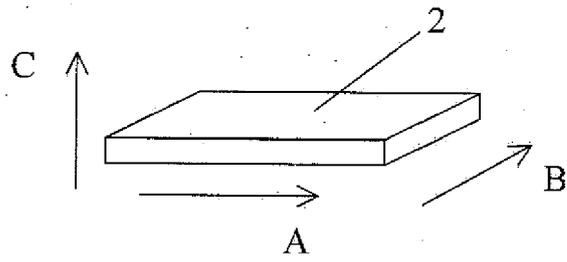


Fig 1b

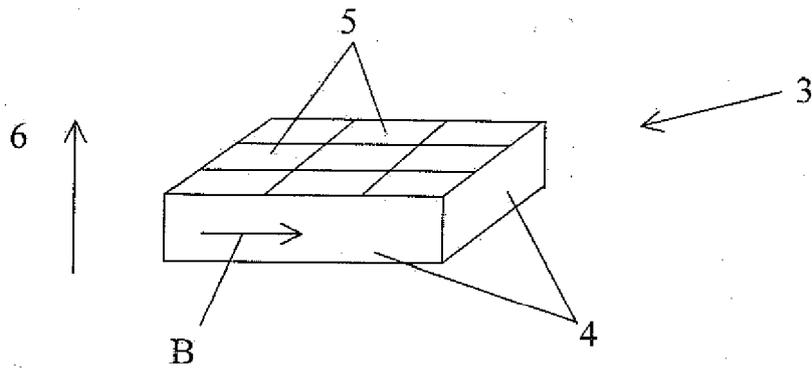
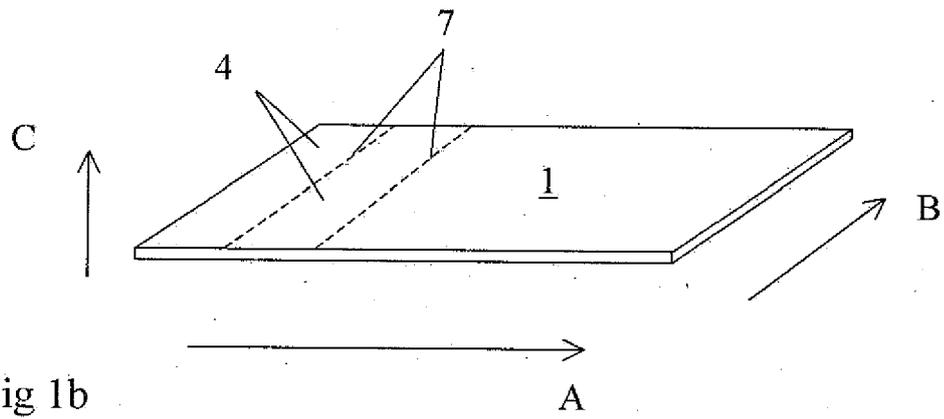


Fig 2