

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 652 441**

51 Int. Cl.:

**C22C 19/05** (2006.01)

**C22F 1/02** (2006.01)

**C22F 1/10** (2006.01)

**C22F 1/00** (2006.01)

**G21D 1/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **12.05.2009 PCT/JP2009/058848**

87 Fecha y número de publicación internacional: **19.11.2009 WO09139387**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.05.2009 E 09746593 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.11.2017 EP 2275583**

54 Título: **Material de aleación de Ni - Cr**

30 Prioridad:

**16.05.2008 JP 2008129436**

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

**02.02.2018**

73 Titular/es:

**NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL  
CORPORATION (100.0%)  
6-1, Marunouchi 2-chome, Chiyoda-ku  
Tokyo 100-8071, JP**

72 Inventor/es:

**KANZAKI, MANABU;  
YONEMURA, MITSUHARU;  
KIMOTO, MASANARI;  
KINOMURA, SHOJI y  
IMOTO, TOSHIHIRO**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

ES 2 652 441 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

Material de aleación de Ni - Cr

## 5 Sector técnico de la invención

La presente invención, se refiere a un tubo a base de un material consistente en una aleación de Ni – Cr, refiriéndose, de una forma particular, a un tubo a base de un material a base de una aleación de Ni – Cr, el cual es excelente en cuanto a lo referente a la resistencia general a la corrosión, en un entorno medioambiental de agua, a una alta temperatura, tal como el existente en un planta de energía nuclear.

Antecedentes y trasfondo de la invención

15 Las aleaciones de Ni – Cr, (Níquel – Cromo) tal como la aleación 600 o la aleación 600, se emplean para los tubos generadores de vapor (SG – [de sus siglas, en idioma inglés, correspondientes a steam generators ] -), para su uso en plantas de energía nuclear. Esto es debido al hecho de que, estas aleaciones, tienen una excelente resistencia a la corrosión, en un entorno medioambiental de agua a una alta temperatura. Sin embargo, no obstante, cuando incluso se libera una pequeña cantidad correspondiente a trazas, de un componente de metal, debido a la corrosión, y ésta se contamina por radioactividad, en una planta, entonces, tal tipo de componente metálico radioactivado, funciona como una fuente de radiación. Así, por lo tanto, se desea el poder disponer de una mejora de la resistencia a la corrosión.

25 En el arte convencional de la técnica especializada, se han propuesto varias técnicas para formar una película protectora de óxido, sobre la superficie de un tubo de transferencia de calor, mediante las cuales se pretende la supresión de la exposición a la radiación. Así, por ejemplo, el Documento de Patente 1, mencionado posteriormente abajo, en este documento de solicitud de patente, da a conocer un procedimiento, mediante el cual, se procede a tratar un tubo a base de un material consistente en una aleación de Ni – Cr, a una presión correspondiente a un valor comprendido dentro de unos márgenes que van desde los  $10^{-2}$  Torr hasta los  $10^{-4}$  Torr, y a una temperatura correspondiente a un valor comprendido dentro de unos márgenes que van desde los 400 °C hasta los 750 °C, con objeto de formar una película de óxido, la cual se encuentre compuesta, de una forma particular de óxido de cromo. En concordancia con este procedimiento, la mejora la resistencia general a la corrosión.

35 El Documento de Patente 2, también mencionado posteriormente abajo, en este documento de solicitud de patente, da a conocer un procedimiento para producir un miembro, para una planta de energía nuclear, en cuyo procedimiento, se procede a tratar por calor, en solución, una aleación a base de Ni, reforzada por precipitación, y a continuación, ésta se trata en una atmósfera oxidante, a una presión de  $10^{-2}$  Torr, a la presión atmosférica, para el propósito de un tratamiento de endurecimiento por envejecimiento, y un tratamiento de formación de una película de óxido, en donde, un tratamiento, combina por lo menos una parte de otro tratamiento. De una forma adicional, el Documento de Patente 3, también mencionado posteriormente abajo, en este documento de solicitud de patente, da a conocer un procedimiento para producir un producto a base de un aleación de Ni, en cuyo procedimiento, el producto a base de la aleación de Ni, se somete a un tratamiento de calor, en una atmósfera de hidrógeno, o en una mezcla de gas de hidrógeno y argón, con un punto de rocío correspondiente a una temperatura comprendida dentro de unos márgenes los cuales van desde los – 60 °C hasta los + 20 °C.

45 El Documento de Patente 4, también mencionado posteriormente abajo, en este documento de solicitud de patente, da a conocer un procedimiento para la formación de una capa enriquecida con cromo, procediendo a exponer una pieza de trabajo, la contiene Ni y Cr, a una mezcla de gas, la cual se encuentra compuesta por vapor de agua y por lo menos un gas no oxidante. De una forma adicional, el Documento de Patente 5, también mencionado posteriormente abajo, en este documento de solicitud de patente, da a conocer una aleación a base de Ni, en cuyo procedimiento, se procede a calentar una aleación a base de Ni, en una atmósfera, la contiene gas dióxido de carbono, para formar un película de óxido, la cual se encuentra compuesta por óxido de cromo, sobre la aleación a base de Ni.

Lista de creación

55 Documento de patente

Documento de patente 1: JP 64 – 55 366 A  
 Documento de patente 2: JP 8 - 29 571 A  
 60 Documento de patente 3: JP 2002 – 121 630 A  
 Documento de patente 4: JP 2002 – 322 553 A  
 Documento de patente 5: JP 2006 - 11 1902 A

## Resumen de la invención

5 Cualesquiera de las técnicas convencionales para la formación de películas protectoras sobre la superficie de una aleación, tiene un excelente efecto de prevención contra la liberación de metal, cuando la película en cuestión, se mantiene en un estado sólido. Sin embargo, no obstante, la película, podría exfoliarse, mientras se está utilizando la aleación en la planta, procediendo a provocar un deterioro de la propiedad de liberación de la aleación, y por consiguiente, degradar la calidad del agua en la planta.

10 La presente invención, se llevó a cabo con objeto de solucionar tales tipos de problemas de las técnicas convencionales, y para proporcionar un material a base de una aleación de Ni – Cr, la cual se encontrara considerablemente mejorada en la resistencia a la corrosión.

## Solución del problema

15 Los presentes inventores, han investigado el efecto de la microestructura de la superficie del material, sobre la corrosión general, con materiales compuestos por los mismos componentes metálicos, que los materiales convencionales y, así, por consecuencia, hemos encontrado que, la resistencia a la corrosión, se mejora de una forma considerable, procediendo a impartir una tensión reticular altamente uniforme a la capa de la superficie extrema, para completar la presente invención.

20 La presente invención, involucra a una aleación de Ni – Cr en concordancia con la reivindicación 1.

25 El tubo de aleación de Ni – Cr, se utiliza, de una forma preferible, por ejemplo, como un miembro para una planta de energía nuclear.

30 Las impurezas, tal y como se les hace referencia, aquí, en este documento de solicitud de patente, pretenden dar a entender las sustancias las cuales contaminan a los materiales metálicos, durante el proceso de fabricación industrial, derivadas de las primeras materias tales como las consistentes en las menas de minerales, y en los fragmentos de sobras, y de diversos otros factores.

## Efectos ventajosos de la presente invención

35 En concordancia con la presente invención, se obtiene un tubo de una aleación de Ni – Cr, el cual demuestra una excelente resistencia a la corrosión, en un entorno medioambiental de agua a alta temperatura. Mediante la utilización del tubo de aleación en cuestión, pueden eliminarse los componentes liberados, con objeto de reducir la exposición a la radiación. De una forma correspondientemente en concordancia, el tubo de aleación de Ni – Cr, es óptimamente apropiado para los miembros de una planta de energía nuclear, tales como los consistentes en las tuberías del generador de vapor, en los resortes espaciadores, en los resortes o muelles helicoidales, en los resortes de dedo, y en los sujetadores de canal; y talones de tobera para tapas de cobertura.

## Descripciones de las formas de presentación de la presente invención

45 En el tubo de aleación de Ni – Cr en concordancia con la presente invención, se requiere por lo menos una capa de superficie, extrema, de una forma específica, a una profundidad de 200 nm, o menos, a partir de la superficie de material, para tener una microestructura con una tensión reticular uniforme.

50 Como un índice para una tensión reticular uniforme, los presentes inventores, han centralizado su atención en el {111} espaciado interplanar, a saber, la distancia existente entre un {111} plano de red cristalina contiguo. Cuanto más grande es este {111} espaciado interplanar, mayor es la tensión que actúa sobre el lado de extensión, y mayor es la actividad superficial electroquímica, para fomentar la reacción en el ánodo. Cuando mayor es el {111} espaciado interplanar de la superficie, es más pequeño, si se compara con el de la masa volumétrica, entonces, se retarda la pasivación, para degradar la resistencia a la corrosión. Así, por lo tanto, es concebible el hecho consistente en que, cuando el {111} espaciado interplanar de la superficie, se encuentre más cercano al de la masa volumétrica, el metal liberado, inmediatamente después de haberse expuesto al entorno medioambiental, se fomente para aumentar la pasivación, y así, de este modo, se mejore la resistencia a la corrosión.

55 Por otro lado, inmediatamente después de haberse expuesto a un entorno medioambiental de agua a una alta temperatura, la capa de la superficie extrema, de una forma específica, a una profundidad de 200 nm o menos, con respecto a la superficie del material, se ve afectada, mediante una reacción extrema. Así, por lo tanto, es importante el hecho de controlar la microestructura de la capa superficial extrema, con objeto de mejorar la resistencia a la corrosión del tubo de aleación de Ni – Cr. Sin embargo, no obstante, la microestructura de la capa superficial extrema del tubo de aleación de Ni – Cr, tiende a ser no uniforme, si se compara con la de la masa volumétrica, a saber la posición suficientemente profunda de la capa superficial. Este es debido a las razones las cuales se explican abajo, a continuación.

65

5 De una forma específica, durante la producción del tubo de aleación de Ni –Cr, por ejemplo, se procede a llevar a cabo un proceso de enfriado, después del recocido, con objeto solucionar la deformación del material. La tensión residual inducida el proceso de enfriado, no se libera en la masa volumétrica, para producir una tensión reticular uniforme. Por otro lado, la capa superficial, es una superficie libre, y así, de este modo, la tensión residual se libera fácilmente, en la capa superficial. La tensión residual, en la capa superficial extrema, puede liberarse adicionalmente, mediante un subsiguiente tratamiento de calor. Así, de este modo, una tensión reticular, en la capa superficial extrema, es usualmente más pequeña, que la existente en la masa volumétrica.

10 De una forma correspondientemente en concordancia, resulta efectivo el hecho de realizar una tensión reticular uniforme, en la capa superficial extrema, la cual sea cercana a la existente en la masa volumétrica, de una forma específica, a una profundidad de 500 nm, con respecto a la capa superficial. En otras palabras, es preferible el hecho de controlar la microestructura de la capa de superficie extrema, de tal forma que se consiga una tensión reticular uniforme, la cual satisfaga las siguientes fórmulas (1) y (2).

$$15 \quad S \leq 0,002 \quad (1)$$

$$S = D_{500} - D_{\leq 200} \quad (2)$$

20 en donde, el significado de los símbolos individuales, en la fórmulas anteriormente descritas, arriba, son los siguientes:

S: Una tensión reticular uniforme (Å) de la capa superficial

$D_{500}$ : El {111} espaciado interplanar (Å), a una profundidad de 500 nm a partir de la superficie del material

25  $D_{\leq 200}$ : El valor medio del {111} espaciado interplanar (Å), a una profundidad de 200 nm, o inferior, desde la superficie del material.

El límite inferior preferible de S, es 0, y el límite superior preferible de S, es de 0,001.

30 Los ejemplos de los procedimientos para impartir una tensión reticular altamente uniforme, incluyen, si bien no de una forma limitada en cuanto a éstos, a los procedimientos para controlar las condiciones del procesado de enderezado de un tubo (tal como, por ejemplo, la tasa de compensación, la tasa de reducción del espesor, la tasa de reducción del espesor, y por el estilo), y las condiciones del procesado en frío (tal como, por ejemplo, la reducción del espesor de pared y por el estilo). De una forma adicional, la regulación de ambas, las condiciones de procesado en frío, y las condiciones del tratamiento por calor, permite impartir una tensión de retícula altamente uniforme de la microestructura del metal, y la capa extrema de superficie.

40 La composición química del tubo de aleación de Ni – Cr, en concordancia con la presente invención, contiene los siguientes elementos, en los rangos indicados, respectivamente. En la descripción la cual se facilita abajo, a continuación, el “%” (porcentaje) para el contenido de cada uno de los elementos, significa “% en masa”.

C: 15 % o menos

45 C, tiene un efecto en la potenciación de la resistencia de los límites granulares de la aleación, y puede encontrarse contenido en el tubo de aleación de Ni – Cr en concordancia con la presente invención. Sin embargo, no obstante, cuando el contenido de C excede de un porcentaje del 0,15 %, entonces la resistencia al agrietamiento por estrés o tensión, se degradará. De una forma correspondientemente en concordancia, cuando el carbono (C), cuando el material de la aleación, contiene C, el contenido de éste es, de una forma preferible, el correspondiente a un porcentaje del 0,15 %, o inferior, y de una forma más preferible, éste será el correspondiente a un porcentaje del 50 0,06 % o inferior. Cuando el contenido de C es el correspondiente a un porcentaje del 0,01 %, o superior, entonces, el efecto de la resistencia de los límites granulares de la aleación, es remarkable.

Si: 1,00 % o menos

55 Se procede a añadir Si (silicio), como un desoxidante, durante el proceso de fundición y éste permanece en la aleación, como una impureza. Debido al hecho de que, un alto contenido de Si, degradaría la claridad de la aleación, del grano, el contenido de Si, de una forma preferible, se limita a una cantidad correspondiente a un porcentaje del 1,00 %, o inferior. El límite superior del contenido de Si es, de una forma preferible, el correspondiente a un porcentaje del 0,50 %. Cuando e contenido de Si es el correspondiente a un porcentaje del 60 0,05 %, o más, entonces, el efecto del uso de Si, como desoxidante, es remarkable.

Mn: 2,0 %, o menos

65 El Mn (manganeso), es un elemento efectivo, en arras de fijar el S, como MnS (sulfuro de manganeso), y asegurar así, de este modo, la procesabilidad. Sin embargo, no obstante, debido al hecho de que, un contenido excesivo de Mn, reduciría la resistencia a la corrosión de la aleación, el contenido de Mn, se limita, de una forma preferible, a un

porcentaje del 2,0 %, o menos. Cuando el contenido de Mn es el correspondiente a un porcentaje del 0,05 %, o más, entonces, es remarcable el efecto el cual se descrito anteriormente, arriba.

P: 0,030 % o menos

El P (potasio), es un elemento, el cual se encuentra presente como una impureza, en la aleación. Cuando el contenido de P, es el correspondiente a un porcentaje el cual exceda del 0,030 %, entonces, el P, afectaría de una forma adversa a la resistencia a la corrosión. De una forma correspondientemente en concordancia, el contenido de P, se encuentra limitado, de una forma preferible, a un porcentaje del 0,030 % o inferior

S: 0,030 % o menos

El S (azufre), es un elemento, el cual se encuentra presente como una impureza, en la aleación. Cuando el contenido de S, es el correspondiente a un porcentaje el cual excede del 0,030 %, entonces, el S, afectaría de una forma adversa a la resistencia a la corrosión. De una forma correspondientemente en concordancia, el contenido de S, se encuentra limitado, de una forma preferible, a un porcentaje del 0,030 % o inferior

Cr: del 10,0 % al 45,0 %

El Cr (cromo), es un elemento el cual es efectivo para la mejora de la resistencia a la corrosión. Cuando el contenido de Cr, en la aleación, es el correspondiente a un porcentaje del 10 %, o más, entonces, es remarcable el efecto del uso del Cr, en la aleación. Sin embargo, no obstante, por otro lado, cuando el contenido de Cr excede de un porcentaje del 45,0 %, entonces, la operatividad en caliente, se deteriora de una forma remarcable. De una forma correspondientemente en concordancia, cuando el Cr se encuentra contenido en la aleación, entonces, el contenido de Cr, en la aleación, será el correspondiente a un porcentaje comprendido dentro de unos márgenes, los cuales van desde un 10,0 %, hasta un 45,0 %. De una forma particular, el contenido de Cr en la aleación, será el correspondiente a un porcentaje comprendido dentro de unos márgenes, los cuales van desde un 10 % por ciento, hasta un 45,0 %. De una forma particular, una aleación la cual contenga un porcentaje de Cr, el cual se encuentre comprendido dentro de unos márgenes que van de un 14,0 % a un 17,0 %, muestra una resistencia a la corrosión excelente, en un entorno medioambiental el cual contenga cloruros, y una aleación la cual contenga un porcentaje de Cr, el cual se encuentre comprendido dentro de unos márgenes que van de un 27,0 % a un 31,0 %, muestra una resistencia a la corrosión excelente, en un entorno medioambiental de agua pura, o en un entorno medioambiental alcalino, a altas temperaturas.

Fe: 15,0 % o menos

El Fe (hierro), se trata de un elemento, el cual se disuelve en sólido, en Ni, y el cual es susceptible de poderse utilizar como un sustituto parcial para el Ni, el cual tiene un alto precio. El Fe, se encuentra contenido, de una forma preferible, en el tubo de aleación de Ni – Cr, en concordancia con la presente invención. Sin embargo, no obstante, el contenido excesivo de Fe, perjudicaría a la resistencia a la corrosión de la aleación a base de Ni. De una forma correspondientemente en concordancia, el contenido de Fe, se encuentra limitado, de una forma preferible, a un porcentaje del 15,0 %, o menos. El contenido de Fe, puede determinarse mediante el valor de relación entre el Ni y el Cr, es decir, de tal forma que, el contenido de Fe, sea, de una forma preferible, el correspondiente a un porcentaje comprendido dentro de unos márgenes, los cuales van desde un 6,0 % hasta un 10 %, cuando el contenido de Cr, sea el correspondiente a un porcentaje comprendido dentro de unos márgenes que van desde un 14,0 % hasta un 17,0 %, y el contenido de Fe, es, de una forma preferible, el correspondiente a un porcentaje comprendido dentro de unos márgenes, los cuales van desde un 7,0 % hasta un 11,0 %, cuando el contenido de Cr, sea el correspondiente a un porcentaje comprendido dentro de unos márgenes que van desde un 27,0 % hasta un 31,0 %.

Ti: 0,5 % o menos

El Ti (titanio), es un elemento, el cual mejora la capacidad operativa de la aleación, y éste es efectivo para suspender el crecimiento granular, durante un proceso de soldadura. Sin embargo, no obstante, cuando el contenido de Ti, en la aleación, es el correspondiente a un porcentaje que exceda del 0,5 %, entonces, la claridad de la aleación, se degradaría. De una forma correspondientemente en concordancia, el contenido de Ti es, de una forma preferible, el correspondiente a un porcentaje del 0,5 %, o inferior, siendo éste, de una forma preferible, el correspondiente a un porcentaje del 0,4 %, o inferior. Cuando el contenido de Ti es el correspondiente a un porcentaje del 0,1 %, o más, entonces, es remarcable el efecto el cual se descrito anteriormente, arriba.

Al: 2,00 % o menos

El Al (aluminio), actúa como un desoxidante, durante el proceso de fabricación del acero, y éste permanece como una impureza, en la aleación. El Al, remanente o residual, se convertiría en una inclusión del tipo óxido, en la aleación, para degradar la claridad de la aleación, y para afectar, de una forma perjudicial, a la resistencia a la corrosión y a las propiedades mecánicas de la aleación. De una forma correspondientemente en concordancia, el

contenido de Al, se limita, de una forma preferible, a un porcentaje limitado a un 2,00 %, o inferior. El límite inferior, del contenido de Al, de una forma preferible, es el correspondiente a un porcentaje del 0,05 %.

5 Los siguientes dos tipos de aleaciones a base de Ni, representan la aleación a base de Ni, la cual se ha descrito anteriormente, arriba.

10 (a) Una aleación a base de Ni, la cual contiene C: en un porcentaje del 0,15 %, o inferior, Si: en un porcentaje del 1,00 %, o inferior, Mn: en un porcentaje del 2,0 %, o inferior, P: en un porcentaje del 0,030 % o inferior, S: en un porcentaje del 0,030 %, o inferior, Cr: en un porcentaje comprendido dentro de unos márgenes los cuales van desde un 14,0 % hasta un 17,0 %, Fe: en un porcentaje comprendido dentro de unos márgenes los cuales van desde un 6,0 % hasta un 10,0 %, Ti: en un porcentaje del 0,5 %, o inferior, y Al: en un porcentaje del 2,00 %, o inferior, en donde, el balance o equilibrio, consiste en el Ni y en las impurezas.

15 (b) Una aleación a base de Ni, la cual contiene C: en un porcentaje del 0,06 %, o inferior, Si: en un porcentaje del 1,00 %, o inferior, Mn: en un porcentaje del 2,0 %, o inferior, P: en un porcentaje del 0,030 % o inferior, S: en un porcentaje del 0,030 %, o inferior, Cr: en un porcentaje comprendido dentro de unos márgenes los cuales van desde un 27,0 % hasta un 31,0 %, Fe: en un porcentaje comprendido dentro de unos márgenes los cuales van desde un 7,0 % hasta un 11,0 %, Ti: en un porcentaje del 0,5 %, o inferior, y Al: en un porcentaje del 2,00 %, o inferior, en donde, el balance equilibrio, consiste en el Ni y en las impurezas.

20 Puesto que, la aleación (a), contiene Cr, en un porcentaje comprendido dentro de unos márgenes los cuales van desde un 14,0 % hasta un 17,0 %, y Ni, en un porcentaje de aprox. un 75 %, la aleación en cuestión, muestra una excelente resistencia a la corrosión, en un entorno medioambiental de cloruros. El contenido de Fe es, de una forma preferible, de un porcentaje comprendido dentro de unos márgenes los cuales van desde un 6,0 % hasta un 10,0 %, con el valor de relación entre los contenidos de Ni y Cr, en esta aleación.

30 Puesto que, la aleación (b), contiene Cr, en un porcentaje comprendido dentro de unos márgenes los cuales van desde un 27,0 % hasta un 31,0 %, y Ni, en un porcentaje de aprox. un 60 %, la aleación en cuestión, muestra una excelente resistencia a la corrosión, en un entorno medioambiental agua pura, o en un entorno medioambiental alcalino, a altas temperaturas, adicionalmente de en un entorno medioambiental de cloruros. De la misma forma, el contenido de Fe es, de una forma preferible, de un porcentaje comprendido dentro de unos márgenes los cuales van desde un 7,0 % hasta un 11,0 %, con el valor de relación entre los contenidos de Ni y Cr, en esta aleación

35 Los ejemplos de los procedimientos para producir un material de una aleación de Ni – Cr en concordancia con la presente invención, incluye, si bien no de una forma limitativa en cuanto a éste, a un procedimiento usual de producción, tal como el correspondiente a un procedimiento, en el cual, el material de la aleación de Ni – Cr, el cual tiene una composición química predeterminada, se funde, para preparar un lingote, y a continuación, el lingote en cuestión, se somete a etapas de procesado – recocido en caliente, o a las etapas de procesado – recocido en frío.

#### 40 Ejemplos

45 Se procedió a fundir, la aleación (Aleación 690), la cual tiene la composición química la cual se muestra en la Tabla 1, al vacío, y ésta se vertió en un molde, para su conversión en un lingote. El lingote en cuestión, se sometió a forjado en caliente, para la elaboración de un taco. Y el taco en cuestión, se conformó en una forma de tubo, mediante un proceso de extrusión en caliente. El tubo, se conformó de tal forma que, éste, tuviera un diámetro exterior de 25 mm y un espesor de pared de 1,65 mm, mediante un proceso de laminado en frío, y con un molino de Pilger, de procesado en frío. A continuación, se procedió al recocido del tubo, en una atmósfera de hidrógeno, a una temperatura de 1100 °C, y éste se procesó de tal forma que tuviera un diámetro exterior de 19 mm, un espesor de pared de 1 mm, y una longitud de 18 m, mediante trefilado en frío. Finalmente, se procedió a recocer el tubo, en una atmósfera de hidrógeno, a una temperatura de 1100°C.

55 El producto, se sometió a los tratamientos los cuales se describen a continuación. En el ejemplo 1 de la presente invención, se procedió a someter al tubo, a un procesado en frío (desplazamiento de compensación (offset): 8,5 mm, aplastamiento: 3,2 mm), con un alisador (enderezador), y a continuación, éste se trató mediante calor, a una temperatura de 700 °C, durante un transcurso de tiempo de 7 horas. En el ejemplo 2 de la presente invención, se procedió a someter al tubo, a un procesado en frío (desplazamiento de compensación (offset): 10,5 mm, aplastamiento: 3,7 mm), con un alisador (enderezador), y a continuación, éste se trató mediante calor, a una temperatura de 720 °C, durante un transcurso de tiempo de 10 horas. En el ejemplo 3 de la presente invención, se procedió a someter al tubo, a un procesado en frío (desplazamiento de compensación (offset): 8,5 mm, aplastamiento: 3,2 mm), con un alisador (enderezador), y a continuación, éste se trató mediante calor, a una temperatura de 725 °C, durante un transcurso de tiempo de 10 horas. En el ejemplo comparativo 1, se procedió a someter al tubo, a un procesado en frío (desplazamiento de compensación (offset): 8,5 mm, aplastamiento: 2,8 mm), con un alisador (enderezador), y a continuación, éste se trató mediante calor, a una temperatura de 725 °C, durante un transcurso de tiempo de 10 horas.

65

Se procedió a la extracción de muestras de 30 mm de longitud, de cada una de estos tres tubos, y cada una de estas muestras, se cortó, en cuartas partes, en paralelo con respecto a la dirección longitudinal, para la consecución de especímenes en forma de cintas o tiras. Para cada uno de estos especímenes, se procedió a la determinación del {111} espaciado interplanar,  $d_{111}$  de la capa superficial de la superficie interior del tubo, mediante proceso de difracción de rayos X, de incidencia rasante, con óptica de haz paralelo ((ULTIMA-III, fabricado por la firma Rigaku Corp.), a una abertura de la rendija de restricción longitudinal de divergencia de 2 mm, y otras rendijas abiertas. La muestra, se escaneó a una velocidad de exploración de rastreo, correspondiente a un valor de  $0,5^\circ / \text{minuto}$ , con un intervalo de muestreo de  $0,02^\circ$ . La profundidad a partir de la capa de superficie, se calculó a partir del coeficiente de absorción del Ni. El espaciado interplanar, a la profundidad calculada, se reguló, procediendo a ajustar el ángulo de incidencia de los rayos X, y así, de este modo, se obtuvieron los valores de  $D_{\leq 200}$  (Å) y de  $D_{500}$  (Å). Los valores de S (Å) obtenidos mediante la sustitución de los valores de  $D_{\leq 200}$  (Å) y de  $D_{500}$  (Å), en la fórmula 2, anteriormente descrita, arriba, se muestran en la Tabla 2.

Se adoptó como  $D_{\leq 200}$  (Å), el valor medio del {111} espaciado interplanar, a las profundidades de 28 nm (ángulo de incidencia:  $0,1^\circ$ ), de 56 nm (ángulo de incidencia:  $0,2^\circ$ ) de 111 nm (ángulo de incidencia:  $0,4^\circ$ ), y de 167 nm (ángulo de incidencia:  $0,6^\circ$ ), y se adoptó como  $D_{500}$ , el {111} espaciado interplanar, a una profundidad de 500 nm (ángulo de incidencia:  $1,8^\circ$ ).

Se extrajo una muestra de 2000 mm de longitud, de cada uno de los tubos tratados por calor, anteriormente descritos, arriba, en este documento de solicitud de patente. En el test de ensayo de liberación, mediante la utilización de una autoclave a hacer circular agua primaria simulada, a saber, 1000 ppm B + 2 ppm Li + 30 cc  $\text{H}_2 / \text{kg H}_2\text{O}$  (STP) a través del tubo de muestra, a una temperatura de  $300^\circ\text{C}$ , durante un transcurso de tiempo de 100 horas, o más. Después de la finalización de cada uno de los transcurros de tiempo de aprox. 20 h (t 1), de aprox. 50 horas (t 2), y de aprox. 120 horas (t 3), la solución, fluyó hacia fuera de tubo, ésta se recolectó como muestra, durante un transcurso de tiempo de una hora, y se filtró a través de la columna de intercambio de iones, para recolectar el Ni liberado. Las cantidades de Ni obtenidos respectivamente en los tiempos t 1, t 2, y t 3, se dividieron, respectivamente, por los tiempos de muestreo concernidos, para obtener los valores a 1, a 2 y a 3. La cantidad de Ni liberada, después de un transcurso de tiempo de 100 horas, se obtuvo a partir de "a 1 x t 1 + a 2 x (t 2 - t 1) + a 3 x (100 - t 2)". Los datos obtenidos, se encuentran recopilados en la Tabla 2.

[Tabla 1]

Tabla 1

Composición química del material de muestra (en % en masa, equilibrio: Ni e impurezas)								
C	Si	Mn	P	S	Cr	Fe	Ti	Al
0,018	0,32	0,31	0,013	0,001	29,6	10,0	0,25	0,14

[Tabla 2]

Tabla 2

	Una tensión reticular uniforme S (Å)	Cantidad de Ni liberada ( $\text{g} / \text{m}^2$ )
Ejemplo 1 de la invención	0,0007	$1,6 \times 10^{-4}$
Ejemplo 2 de la invención	0,0008	$8,5 \times 10^{-4}$
Ejemplo 3 de la invención	0,0015	$9,3 \times 10^{-4}$
Ejemplo Comparativo 1	0,0022	$3,6 \times 10^{-3}$

Tal y como se muestra en la Tabla 2, en el Ejemplo Comparativo 1, una tensión reticular uniforme S, en la capa superficial obtenida a partir de la fórmula (2), es tan alta como un la correspondiente a un valor de  $0,0022 \text{ Å}$ , y la cantidad de Ni liberado, era grande. Por otro lado, en cada uno de los Ejemplos 1 de la presente invención, en el cual se llevó a cabo el tratamiento de calor, a una baja temperatura, y durante un reducido transcurso de tiempo, en los Ejemplos 2 y 3 de la presente invención, en los cuales, se procedió a llevar a cabo un procesado fuertemente frío, antes de proceder al tratamiento de calor, se obtenía una tensión reticular S, en la capa superficial, la cual era reducida, y resultaba posible la reducción de la cantidad de liberación de Ni. De una forma particular, en el ejemplo 1 de la presente invención, resultaba ser remarcable el efecto de la reducción de la cantidad de liberación de Ni.

Aplicabilidad industrial

5 En concordancia con la presente invención, se obtiene un tubo de una aleación de Ni – Cr, el cual muestra una excelente resistencia a la corrosión, en un entorno medioambiental de agua a alta temperatura, y así, de este modo, mediante la utilización del citado tubo de aleación, puede suprimirse la liberación de componentes metálicos, con objeto de reducir la exposición a la radiación. De una forma correspondientemente en concordancia, el tubo de aleación de Ni – Cr en concordancia con la presente invención, es apropiado para los miembros de una planta de energía nuclear, tales como los consistentes en las tuberías del generador de vapor; en los resortes espaciadores, en los resortes de helicoidales, en los resortes de dedo, y en los elementos de fijación de canal, los cuales se utilizan  
10 en un entorno medioambiental de agua a alta temperatura; y talones de boquilla o tobera, para tapas de cobertura.

**REIVINDICACIONES**

1.- Un tubo de una aleación de Ni – Cr, en donde, la diferencia entre las tensiones reticulares uniformes de la capa superficial de éste, satisfaga las siguientes fórmulas (1) y (2).

$$S \leq 0,002 \quad (1)$$

$$S = D_{500} - D_{\leq 200} \quad (2)$$

en donde, el significado de los símbolos individuales, en la fórmulas anteriormente descritas, arriba, son los siguientes:

S: La diferencia entre las tensiones reticulares uniformes (Å) de la capa superficial

$D_{500}$ : El {111} espaciado interplanar (Å), a una profundidad de 500 nm a partir de la superficie del material

$D_{\leq 200}$ : El valor medio del {111} espaciado interplanar (Å), a una profundidad de 200 nm, o inferior, desde la superficie del material.

en donde, la profundidad desde la capa superficial, se calcula a partir del coeficiente de absorción del Ni;

teniendo, el tubo de aleación a base de Ni – Cr, una composición química, la cual contiene, en una cantidad referida a masa, C: en un porcentaje del 0,15 %, o inferior, Si: en un porcentaje del 1,00 %, o inferior, Mn: en un porcentaje del 2,0 %, o inferior, P: en un porcentaje del 0,030 % o inferior, S: en un porcentaje del 0,030 % o inferior, Cr: en un porcentaje comprendido dentro de unos márgenes los cuales van desde un 10,0 % hasta un 45,0 %, Fe: en un porcentaje del 15,0 % o inferior, Ti: en un porcentaje del 0,5 %, o inferior, y Al: en un porcentaje del 2,00 %, ó inferior, en donde, el balance o equilibrio, consiste en el Ni y en las impurezas.

2.- El uso del tubo de aleación de Ni – Cr, en concordancia con la reivindicación 1, como un miembro para una planta de energía nuclear.