

(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS
ESPAÑA



(11) Número de publicación: **2 558 511**

(51) Int. Cl.:

C22C 19/05 (2006.01)
C22F 1/10 (2006.01)
F22B 37/10 (2006.01)

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.04.2013 E 13163031 (1)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.12.2015 EP 2664686**

(54) Título: **Producto de tubería de alta temperatura y método para producir el mismo**

(30) Prioridad:

10.04.2012 JP 2012089056

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

04.02.2016

(73) Titular/es:

**MITSUBISHI HITACHI POWER SYSTEMS, LTD.
(100.0%)
3-1, Minatomirai 3-chome, Nishi-ku
Yokohama 220-8401, JP**

(72) Inventor/es:

**IMANO, SHINYA;
DOI, HIROYUKI y
SATO, JUN**

(74) Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 558 511 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

Producto de tubería de alta temperatura y método para producir el mismo

Antecedentes de la invención

1.- Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a productos de tuberías de alta temperatura para centrales eléctricas, particularmente a productos de tuberías de alta temperatura usados en las centrales eléctricas de carbón y en las centrales eléctricas de turbina de gas, y a los métodos para producir tales productos de tuberías.

2.- Descripción de la técnica relacionada

10 Con el fin de mejorar la eficiencia de la generación de energía de las centrales eléctricas tales como las centrales eléctricas de carbón y las centrales eléctricas de turbina de gas, es efectivo aumentar la temperatura del vapor principal de una caldera y la temperatura de combustión de una turbina de gas. A este respecto, se necesitan productos de tuberías con mayor temperatura tolerable para aumentar aún más la temperatura del vapor principal o la temperatura de combustión.

15 Por ejemplo, las centrales eléctricas de carbón que usan una turbina de vapor incluyen productos de tuberías de alta temperatura a gran escala para la caldera. Tales productos de tuberías de alta temperatura a gran escala se ensamblan generalmente mediante la soldadura de miembros de tuberías cortas. En las centrales eléctricas que producen un vapor principal de una temperatura de alrededor 700 °C, se usa una aleación a base de Ni reforzada por precipitación con la fase γ' (fase Ni₃Al) como un material de los productos de tuberías de alta temperatura.

20 En una aleación a base de Ni, es indispensable que la fase γ' esté dispersa y precipite de forma uniforme en una fase de matriz por tratamiento térmico para alcanzar una alta resistencia mecánica a una alta temperatura de manera uniforme. Por otro lado, la precipitación de la fase γ' es perjudicial para la capacidad para soldadura, y hace difícil la soldadura. Por consiguiente, es deseable llevar a cabo el tratamiento térmico después de la soldadura. Un problema, sin embargo, es que, debido a que el producto de tuberías de alta temperatura soldado y ensamblado es una estructura grande, y es muy difícil después de su ensamblaje llevar a cabo un tratamiento térmico que precipite la fase γ' (denominado tratamiento térmico de envejecimiento) a la totalidad del producto de tuberías.

Como contramedida, el Documento de Patente de número WO2009/028671 informa de una técnica mediante la cual los componentes de caldera se sueldan y ensamblan sin precipitar la fase γ', y la fase γ' se dispersa y precipita de forma uniforme en la fase matriz del componente de caldera por el calor generado a través de una operación de la central eléctrica. Más específicamente, la publicación describe una aleación súper resistente al calor, a base de Ni, y de baja dilatación térmica preferida para su uso como un material componente de caldera. La aleación contiene, en % en masa, 0,2 % o menos de C, 0,5 % o menos de Si, 0,5 % o menos de Mn, 10 al 24 % de Cr, uno de o ambos de Mo y W en cantidades especificadas por la ecuación "Mo + 0,5 W = 5 al 17 %", 0,5 al 2,0 % de Al, 1,0 al 3,0 % de Ti, 10 % o menos de Fe, y uno de o ambos de B (0,02 % o menos; excluyendo al 0 %) y Zr (0,2 % o menos; excluyendo al 0 %), siendo el resto Ni e impurezas inevitables. La aleación tiene una dureza Vickers de 240 o menos.

35 La temperatura de funcionamiento asumida de la aleación a base de Ni (o del componente de caldera) se describe en el Documento de Patente de Número WO2009/028671 y varía de 700 a 750 °C (clase 700 °C), y la cantidad de precipitación de la fase γ' es aproximadamente el 20 %. En respuesta a la reciente fuerte demanda para mejorar más la eficiencia de la generación de energía de las centrales eléctricas, se han realizado estudios dirigidos a aumentar la temperatura del vapor principal o la temperatura de combustión por encima de 750 °C, y tan alta como 40 aproximadamente 800 °C (clase 800 °C). Con el fin de aumentar la temperatura tolerable del producto de tuberías de alta temperatura en la central eléctrica a temperaturas de la clase 800 °C, se requiere una cantidad de precipitación de la fase γ' del 30 % o más en el material de aleación a base de Ni.

45 En un método conocido de alcanzar una cantidad de precipitación de la fase γ' del 30 % o más para obtener una resistencia eficaz a alta temperatura para la aleación a base de Ni, por ejemplo, se lleva a cabo un tratamiento térmico a 900 °C o más para precipitar aproximadamente el 10 % de la fase γ', seguido por un tratamiento térmico de envejecimiento a 700 a 800 °C. Sin embargo, como se ha descrito anteriormente, es difícil llevar a cabo tal serie de tratamientos térmicos para el producto de tuberías de alta temperatura soldado y ensamblado. Además, se revela a través de estudios realizados por los presentes inventores que es difícil garantizar las requeridas características de resistencia a las altas temperaturas por la aplicación directa de la aleación a base de Ni descrita en el Documento de Patente de Número WO2009/028671. (Este documento se describe con mayor detalle más adelante).

Sumario de la invención

55 En vista de lo anterior, es un objetivo de la presente invención resolver los problemas descritos anteriormente, y proporcionar productos de tuberías de alta temperatura que muestren una temperatura tolerable de la clase 800 °C y un método para producir tales productos de tuberías de alta temperatura. La presente invención también proporciona una caldera para centrales eléctricas de la clase 800 °C equipada con el producto de tuberías de alta temperatura.

(I) Según un aspecto de la presente invención, se proporciona un producto de tuberías de alta temperatura para el flujo de un fluido a alta temperatura, configurado a partir de una pluralidad de miembros de tubería primaria y de un material de soldadura,

5 en donde los miembros de tubería primaria están hechos cada uno a partir de una aleación de forja a base de Ni (níquel) que contiene 3,5 % en masa o más y 4,5 % en masa o menos de Al (aluminio), y al menos uno de Mo (molibdeno) y W (tungsteno), y opcionalmente 15 % en masa o más y 20 % en masa o menos de Cr; opcionalmente 10 25 % en masa o menos de Co; opcionalmente 0,01 % en masa o más y 0,15 % en masa o menos de C, siendo el contenido total de Mo y W 3 % en masa o más y 8 % en masa o menos, siendo el resto Ni e impurezas inevitables, teniendo la aleación de forja a base de Ni una temperatura de disolución de la fase γ' (gamma prima) de desde 920 a 970 °C, y precipitándose una fase γ' en la aleación de forja a base de Ni en un 30 % en volumen o más en un intervalo de temperaturas de desde 700 a 800 °C,

15 en donde el material de soldadura se hace a partir de una aleación de fundición a base de Ni con una estructura de fundición formada por soldadura, conteniendo la aleación de fundición a base de Ni 3 % en masa o más y 3,5 % o menos de Al, y al menos uno de Mo y W, siendo el contenido total de Mo y W 9 % en masa o más y 15 % en masa o menos, opcionalmente 15 % en masa o menos y 20 % en masa o menos de Cr; opcionalmente 25 % en masa o menos de Co; opcionalmente 0,01 % en masa o más y 0,15 % en masa o menos de C, siendo el resto Ni e impurezas inevitables, teniendo la aleación de fundición a base de Ni una temperatura de disolución de la fase γ' de desde 850 a 900 °C, y una fase γ' que precipita en la aleación de fundición a base de Ni en un 20 % en volumen o más en un intervalo de temperaturas de desde 700 y 800 °C, y

20 en donde el material de soldadura se empasta a los miembros de tubería primaria en las porciones a ser soldadas entre sí.

25 En la presente invención, la fase γ' significa una fase de compuesto intermetálico de Ni_3Al con una estructura L12, y abarca compuestos en los que el sitio del Al está parcialmente sustituido con otros elementos. El proceso que conduce a la producción de la aleación de fundición a base de Ni no está limitado, siempre y cuando la estructura final sea una estructura de fundición.

En el aspecto anterior (I) de la invención, se pueden hacer las siguientes modificaciones y cambios:

30 (i) La aleación de forja a base de Ni contiene: 3,5 % en masa o más y 4,5 % en masa o menos de Al; 15 % en masa o más y 20 % en masa o menos de Cr (cromo); 25 % en masa o menos de Co (cobalto); 0,01 % en masa o más y 0,15 % en masa o menos de C (carbono); al menos uno de Mo y W en un contenido total del 3 % en masa al 8 % en masa; y Ni e impurezas inevitables que suman el resto. Además, la aleación de fundición a base de Ni contiene: 3 % en masa o más y 3,5 % en masa o menos de Al; 15 % en masa o más y 20 % en masa o menos de Cr; 25 % en masa o menos de Co; 0,01 % en masa o más y 0,15 % en masa o menos de C; al menos uno de Mo y W en un contenido total del 9 % en masa al 15 % en masa; y Ni e impurezas inevitables que suman el resto.

35 (II) Según otro aspecto de la presente invención, se proporciona un método para producir el producto de tuberías de alta temperatura anteriormente descrito, incluyendo el método:

una etapa de formación de miembros secundarios de tuberías al soldar los miembros de tuberías primarias entre sí con el material de soldadura empastado en las porciones de soldadura de los miembros de tuberías primarias y formar miembros secundarios de tuberías cada uno construido a partir de la pluralidad de miembros de tuberías primarias; y

40 una etapa de formación de un producto de tuberías de alta temperatura al soldar los miembros secundarios de tuberías entre sí con el material de soldadura empastado en las porciones de soldadura de los miembros secundarios de tuberías y formar un producto de tuberías de alta temperatura.

En el aspecto anterior (II) de la invención, se pueden hacer las siguientes modificaciones y cambios.

45 (ii) El método incluye además una etapa de tratamiento térmico de pre-envejecimiento de someter los miembros secundarios de tuberías a un tratamiento térmico a una temperatura igual a o mayor que la temperatura de disolución de la fase γ' de la aleación de fundición a base de Ni y a una temperatura igual a o menor que la temperatura de disolución de la fase γ' de la aleación de forja a base de Ni para precipitar un 5 % en volumen o más y un 15 % en volumen o menos de la fase γ' en los miembros de tubería primaria, realizándose la etapa de tratamiento térmico de pre-envejecimiento después de la etapa de formación del miembro secundario de tuberías y antes de la etapa de formación del producto de tuberías de alta temperatura.

50 (iii) La etapa de formación del producto de tuberías de alta temperatura no es seguida por un tratamiento térmico de envejecimiento en donde un 30 % en volumen o más de la fase γ' precipita en los miembros de tubería primaria bajo el calor externo aplicado a la totalidad del producto de tuberías de alta temperatura.

55 (III) Según otro aspecto adicional de la presente invención, se proporciona una caldera para centrales eléctricas, incluyendo la caldera el producto de tuberías de alta temperatura anteriormente descrito.

(Ventajas de la invención)

Según la presente invención, es posible proporcionar un producto de tuberías de alta temperatura que exhibe una temperatura tolerable de la clase 800 °C, y proporcionar un método para producir tales productos de tuberías de alta temperatura. La presente invención también puede proporcionar una caldera para centrales eléctricas de la clase 800 °C con el uso del producto de tuberías de alta temperatura.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 es una vista esquemática que representa un procedimiento ejemplar de producir un producto de tuberías de alta temperatura según una realización de la presente invención.

La Figura 2 es una vista esquemática que exhibe las microestructuras de las juntas de soldadura de las Muestras 1 a 6.

La Figura 3 es una vista esquemática que exhibe las microestructuras de las juntas de soldadura de las Muestras 7 a 9.

Descripción detallada de las realizaciones preferidas

A continuación se describe una realización de la presente invención.

(Producto de tuberías de alta temperatura)

Como se describió anteriormente, el producto de tuberías de alta temperatura según la presente invención es una estructura formada por soldadura y ensamblaje de los miembros de tubería primaria relativamente cortos con un material de soldadura. Y la aleación de forja a base de Ni que conforma el miembro de tubería primaria, y la aleación de fundición a base de Ni que conforma el material de soldadura tienen diferentes temperaturas de disolución de la fase γ' ("temperatura de disolución de la fase γ' de la aleación de forja a base de Ni" > "temperatura de disolución de la fase γ' de la aleación de fundición a base de Ni"). Las porciones de soldadura de los miembros de tubería primaria representan una junta de soldadura empastada con el material de soldadura.

Con el fin de garantizar la deseable capacidad de soldadura y la deseable temperatura tolerable de la clase 800 °C (suficiente resistencia mecánica en este intervalo de temperaturas), el miembro de tubería primaria se hace a partir de una aleación de forja a base de Ni que exhibe una temperatura de dilución de la fase γ' (fase Ni₃Al) de desde 920 a 970 °C, y en la que un 30 % en volumen o más y un 40 % en volumen o menos (30-40 % en volumen) de la fase γ' se dispersa y precipita en un intervalo de temperaturas de desde 700 a 800 °C. No se puede obtener una suficiente temperatura tolerable cuando la cantidad de la fase γ' dispersa y precipitada en el intervalo de temperaturas de 700 a 800 °C es menor que el 30 % en volumen, y la ductilidad se degrada en gran medida cuando la cantidad de la fase γ' dispersa y precipitada está por encima del 40 % en volumen.

Además, cuando la temperatura de disolución de la fase γ' de la aleación de forja a base de Ni es menor que 920 °C, se hace difícil obtener el producto de tuberías de alta temperatura que exhiba una temperatura tolerable de la clase 800 °C por medio del método de producción según una realización de la presente invención (los detalles se describirán más adelante). Con una temperatura de disolución de la fase γ' superior a 970 °C, se degrada la capacidad para soldadura de los miembros de tubería primaria, y sufre la trabajabilidad en caliente (se degrada la ductilidad), por lo que es difícil producir el propio miembro de tuberías.

Preferiblemente, la aleación de forja a base de Ni tiene una composición que contiene: 3,5 % en masa o más y 4,5 % en masa o menos (3,5-4,5 % en masa) de Al; 15 % en masa o más y 20 % en masa o menos (15-20 % en masa) de Cr; 25 % en masa o menos de Co; 0,01 % en masa o más y 0,15 % en masa o menos (0,01-0,15 % en masa) de C; al menos uno de Mo y W en un contenido total del 3 % en masa al 8 % en masa; y Ni e impurezas inevitables que representan el resto.

El componente de Mo y el componente W son elementos constitutivos que tienen fuertes efectos sobre la cantidad de precipitación y sobre la temperatura de disolución de la fase γ', y sobre la capacidad de trabajo en caliente de la aleación a base de Ni. No se puede obtener una suficiente temperatura tolerable cuando el contenido total del componente de Mo y del componente de W es menor que el 3 % en masa. Por encima del 8 % en masa, sufre la trabajabilidad en caliente (se degrada la ductilidad), por lo que es difícil producir el propio miembro de tuberías.

El componente de Al es un componente esencial para la formación de la fase γ'. Con un contenido del componente de Al menor que el 3,5 % en masa, la cantidad de precipitación de la fase γ' llega a ser deficiente, y no se puede obtener una suficiente temperatura tolerable. Por encima del 4,5 % en masa, sufre la trabajabilidad en caliente (se degrada la ductilidad), por lo que es difícil producir el propio miembro de tuberías.

El componente Cr se disuelve en la matriz, y tiene el efecto de mejorar la resistencia a la oxidación de la aleación a base de Ni. Este efecto apenas se obtiene cuando el contenido del componente de Cr es menor que el 15 % en masa. Por encima del 20 % en masa, se favorece la precipitación de una fase perjudicial, y se degrada la ductilidad, por lo que es difícil producir el propio miembro de tuberías.

El componente de Co se disuelve en la matriz, y tiene el efecto de mejorar la resistencia mecánica a altas temperaturas por la formación de una solución sólida. Sin embargo, el componente de Co se añade en preferentemente un 25 % en masa o menos, debido a que también actúa para estabilizar la fase perjudicial.

- 5 El componente de C tiene el efecto de impedir el exceso de engrosamiento de los granos cristalinos de la aleación a base de Ni mediante la formación de carburos. Este efecto apenas se obtiene cuando el contenido del componente de C es menor que el 0,01 % en masa. Por encima del 0,15 % en masa, sufre la trabajabilidad en caliente (se degrada la ductilidad), por lo que es difícil producir el propio miembro de tuberías. Para mejorar la capacidad para soldadura, el contenido del componente de C es preferiblemente del 0,01 % en masa al 0,05 % en masa.
- 10 Por otro lado, el material de soldadura se diferencia del miembro de tubería primaria en que se usa en el estado de una estructura de solidificación, y que no se somete a conformado plástico (por ejemplo, no se procesa en una forma tubular). Preferiblemente, el material de soldadura se hace a partir de una aleación de fundición a base de Ni que exhibe una temperatura de disolución de la fase γ' (fase Ni_3Al) de desde 850 a 900 °C, y en el que un 20 % en volumen o más y un 30 % en volumen o menos (20-30 % en volumen) de la fase γ' se dispersa y precipita en un intervalo de temperaturas de desde 700 a 800 °C. No se puede obtener una suficiente temperatura tolerable cuando la cantidad de la fase γ' dispersa y precipitada en el intervalo de temperaturas de 700 a 800 °C es menor que un 20 % en volumen. Por encima de un 30 % en volumen, tiende a ocurrir el agrietamiento de la soldadura.
- 15 Además, cuando la temperatura de disolución de la fase γ' de la aleación de fundición a base de Ni es menor que 850 °C, se hace difícil obtener el producto de tuberías de alta temperatura que presente una temperatura tolerable de la clase 800 °C por medio del método de producción según una realización de la presente invención (los detalles se describirán más adelante). Con una temperatura de disolución de la fase γ' de más de 900 °C, se degrada la capacidad para soldadura por empastado.
- 20 Preferiblemente, la aleación de fundición a base de Ni tiene una composición que contiene: 3 % en masa o más y 3,5 % en masa o menos (3-3,5 % en masa) de Al; 15 % en masa o más y 20 % en masa o menos (15-20 % en masa) de Cr; 25 % en masa o menos de Co; 0,01 % en masa o más y 0,15 % en masa o menos (0,01-0,15 % en masa) de C; al menos uno de Mo y W en un contenido total del 9 % en masa al 15 % en masa; y Ni e impurezas inevitables que representan el resto.
- 25 Como se describe anteriormente, el componente de Mo y el componente W son elementos constitutivos que tienen fuertes efectos sobre la cantidad de precipitación y sobre la temperatura de disolución de la fase γ' , y sobre la trabajabilidad en caliente de la aleación a base de Ni. Sin embargo, debido a que el material de soldadura no requiere de conformado plástico, se pueden añadir el componente de Mo y el componente W en cantidades mayores que en el miembro de tubería primaria para garantizar una alta resistencia mecánica a altas temperaturas. No se puede obtener una suficiente resistencia mecánica a alta temperatura cuando el contenido total del componente de Mo y el componente de W es menor que el 9 % en masa. Por encima del 15 % en masa, sufre la ductilidad y la procesabilidad de un alambre de soldadura.
- 30 35 El contenido del componente de Al en la aleación de fundición a base de Ni para el material de soldadura varía del 3 al 3,5 % en masa. La resistencia mecánica se hace insuficiente cuando el contenido del componente de Al está por debajo del 3 % en masa. Por encima del 3,5 % en masa, la procesabilidad y capacidad para soldadura del alambre se vuelven insuficientes. El componente Cr, el componente de Co, y el componente de C son los mismos que en el miembro de tubería primaria.
- 40 45 50 De forma deseable, la aleación de forja a base de Ni y la aleación de fundición a base de Ni usadas en la presente invención no contienen un componente de Ti (titánio), un componente de Ta (tántalo), y un componente de Nb (niobio). En otras palabras, estos componentes no se añaden de forma intencionada. Cuando se mezclan de forma no intencionada, el contenido total del componente de Ti, del componente Ta, y del componente de Nb es preferentemente un 0,5 % en masa o menos.
- Ti, Ta, y Nb tienen las características de estabilizar con más fuerza la fase γ' a temperaturas de 1.000 °C y superiores, en comparación con el Al. Sin embargo, el efecto de estabilizar la fase γ' es más débil que la del Al a las temperaturas de funcionamiento (700 a 800 °C). Es difícil obtener la deseable trabajabilidad en caliente y la deseable capacidad para soldadura de la aleación a base de Ni cuando la fase γ' es estable a temperaturas de 1.000 °C y superiores. Por lo tanto, es más preferible estabilizar la fase γ' únicamente con Al, sin la adición de Ti, Ta, y Nb, con el fin de obtener una buena trabajabilidad en caliente y una buena capacidad para soldadura al mismo tiempo que la resistencia mecánica a las temperaturas de funcionamiento.

(Método para la producción del producto de tuberías de alta temperatura)

- 55 A continuación se describe el método para la producción de un producto de tuberías de alta temperatura. En primer lugar, se preparan el miembro de tubería primaria de la aleación de forja a base de Ni, y el material de soldadura de la aleación de fundición a base de Ni. El miembro de tubería primaria se somete a un tratamiento térmico (tratamiento térmico en solución) a una temperatura igual a o mayor que la temperatura de disolución de la fase γ' para disolver la fase γ' en la matriz.

La Figura 1 es una vista esquemática que representa un procedimiento ejemplar de producir el producto de tuberías de alta temperatura según la realización de la presente invención. Como se muestra en la Figura 1, los miembros de tubería primaria se sueldan entre sí con el material de soldadura emplastado a las porciones de soldadura de los miembros de tubería primaria para formar un miembro secundario de tuberías construido a partir de la pluralidad de miembros de tubería primaria (esta etapa se conoce como etapa de formación del miembro secundario de tuberías).

El miembro secundario de tuberías a continuación se somete a un tratamiento térmico a una temperatura igual a o mayor que la temperatura de disolución de la fase γ' de la aleación de fundición a base de Ni del material de soldadura y a una temperatura igual a o menor que la temperatura de disolución de la fase γ' de la aleación de forja a base de Ni del miembro de tubería primaria (en concreto, a una temperatura de, por ejemplo, por encima de 900 °C y por debajo de 920 °C) para precipitar un 5 % en volumen o más y un 15 % en volumen o menos (por ejemplo, 10 % en volumen) de la fase γ' en los miembros de tubería primaria (esta etapa se conoce como etapa de tratamiento térmico de pre-envejecimiento).

Antes de la etapa de tratamiento térmico de pre-envejecimiento, el material de soldadura se puede emplastar a las porciones de soldadura de los miembros secundarios de tuberías (ver Figura 1). La precipitación de la fase γ' en el miembro de tubería primaria reduce la capacidad para soldadura del propio miembro de tubería primaria. Sin embargo, debido a que la temperatura del tratamiento térmico de envejecimiento es igual a o mayor que la temperatura de disolución de la fase γ' del material de soldadura emplastado, la fase γ' no precipita en el material de soldadura. Esto proporciona la deseable capacidad para soldadura para la siguiente etapa.

A partir de entonces, el material de soldadura se emplasta a las porciones de soldadura de los miembros secundarios de tuberías para soldar los miembros secundarios de tuberías entre sí y formar un producto de tuberías de alta temperatura (esta etapa se refiere como etapa de formación del producto de tuberías de alta temperatura). Como se describe anteriormente, el material de soldadura se puede emplastar a las porciones de soldadura de los miembros secundarios de tuberías antes o después de la etapa de tratamiento térmico de pre-envejecimiento.

El producto de tuberías de alta temperatura obtenido después de la etapa de formación del producto de tuberías de alta temperatura se usa directamente para el ensamblaje del producto real (por ejemplo, una caldera para centrales eléctricas de la clase 800 °C). La fase γ' se dispersa y precipita de forma uniforme en un 30 % en volumen o más en los miembros de tubería primaria a medida que se hace fluir un fluido de alta temperatura de la clase 800 °C durante la operación de la central eléctrica, y se puede garantizar una alta resistencia mecánica a altas temperaturas. En otras palabras, en el método de producción según la realización de la presente invención, la etapa de formación de un producto de tuberías de alta temperatura no es seguida por el tratamiento térmico de envejecimiento realizado para precipitar un 30 % en volumen o más de la fase γ' en los miembros de tubería primaria bajo el calor externo aplicado a la totalidad del producto de tuberías de alta temperatura.

Ejemplos

A continuación se describe la presente invención en más detalle por medio de Ejemplos. Cabe señalar, sin embargo, que la presente invención no está limitada por los Ejemplos específicos mostrados a continuación.

(Preparación del miembro de tubería primaria y del material de soldadura)

Se prepararon las aleaciones a base de Ni (Aleaciones T1 a T5) de las composiciones presentadas en la Tabla 1, y se produjeron los especímenes de los miembros de tubería primaria según los siguientes procedimientos. En primer lugar, se produjo un lingote de aleación a base de Ni por fusión a vacío y refundido mediante arco a vacío (proceso de fusión doble). El lingote de aleación a base de Ni se sometió a forja en caliente para producir un tocho. A continuación, se llevaron a cabo sobre el tocho una extrusión en caliente y trabajo en frío para producir un miembro de tubería primaria (diámetro interior de 50 mm; espesor de 8 mm) que simula un tubo de caldera para centrales eléctricas. Los miembros de tubería primaria resultantes (Aleaciones T1 a T5) se examinaron con respecto a la temperatura de disolución de la fase γ' , y a la cantidad de precipitación de la fase γ' en el tratamiento térmico de envejecimiento (800 °C). Los resultados se presentan en la Tabla 1. Las Aleaciones T1 y T2 son aleaciones convencionales a base de Ni, y las Aleaciones T3 a T5 representan las aleaciones a base de Ni según la presente invención.

Tabla 1: Composiciones de aleaciones a base de Ni para el miembro de tubería primaria

	Aleación T1	Aleación T2	Aleación T3	Aleación T4	Aleación T5
Al	1,9	5,4	4,0	4,2	3,7
Cr	23,2	8,3	15	16	17
Co	18,7	9,2	24	15	0
C	0,14	0,08	0,01	0,03	0,05

Mo	—	0,49	—	4,0	0,1
W	2,1	9,4	6,0	3,0	8,0
Ti	3,8	0,8	—	—	—
Ta	1,38	3,19	—	—	—
Nb	1,0	—	—	—	—
Temperatura de disolución de la fase γ'	930 °C	940 °C	930 °C	945 °C	915 °C
Cantidad de precipitación de la fase γ'	20 %	18 %	33 %	35 %	30 %

Se prepararon las aleaciones a base de Ni (Aleaciones W1 a W5) de las composiciones presentadas en la Tabla 2, y se produjeron los especímenes de los materiales de soldadura según los siguientes procedimientos. En primer lugar, se produjo un lingote de aleación a base de Ni por fusión a vacío. A continuación, el lingote de aleación a base de Ni se sometió a forja en caliente y estirado en frío para producir un material de soldadura (un alambre de soldadura con un diámetro exterior de 1 mm). Los materiales de soldadura resultantes (Aleaciones W1 a W5) se examinaron con respecto a la temperatura de disolución de la fase γ', y a la cantidad de precipitación de la fase γ' en el tratamiento térmico de envejecimiento (800 °C). Los resultados se presentan en la Tabla 2. Las Aleaciones W1 y W2 son aleaciones convencionales a base de Ni, y las Aleaciones W3 a W5 representan las aleaciones a base de Ni según la presente invención.

Tabla 2: Composiciones de las aleaciones a base de Ni para el material de soldadura

	Aleación W1	Aleación W2	Aleación W3	Aleación W4	Aleación W5
Al	1,9	5,4	3,1	3,3	3,5
Cr	23,2	8,3	15	16	17
Co	18,7	9,2	24	15	0
C	0,14	0,08	0,01	0,03	0,05
Mo	—	0,49	8,0	10	9,0
W	2,1	9,4	6,0	3,0	8,0
Ti	3,8	0,8	—	—	—
Ta	1,38	3,19	—	—	—
Nb	1,0	—	—	—	—
Temperatura de disolución de la fase γ'	930 °C	940 °C	860 °C	870 °C	880 °C
Cantidad de precipitación de la fase γ'	20 %	18 %	20 %	20 %	22 %

(Producción de la junta de soldadura, y pruebas y evaluación de la junta de soldadura)

Los miembros de tubería primaria y los materiales de soldadura preparados como se indica anteriormente se usaron en una soldadura TIG (Tungsten Inert Gas) realizada en las combinaciones y condiciones presentadas en las Tablas 3 y 4 para producir las juntas de soldadura (Muestras 1 a 9) como miembros secundarios de tuberías. Las juntas de soldadura (Muestras 1 a 9) se sometieron a continuación a la observación de la microestructura de una sección transversal de la muestra (incluyendo una evaluación de la presencia o ausencia del agrietamiento de la soldadura), y un ensayo de fluencia. La observación de la microestructura también se realizó para muestras sin soldar y para muestras tomadas en el medio de la prueba de fluencia (muestras con la prueba de fluencia suspendida). La prueba de fluencia se llevó a cabo a una temperatura de 800 °C bajo una tensión de 190 MPa. El resultado de la prueba de fluencia se usó para la evaluación de una temperatura tolerable de fluencia según el método de Larson-Miller

(parámetro Larson-Miller = 20). La temperatura tolerable de fluencia es la temperatura a la que el producto puede soportar una tensión de 100 MPa durante 100.000 horas. Los resultados de la evaluación de la presencia o ausencia del agrietamiento de la soldadura, y la temperatura tolerable de fluencia se presentan en las Tablas 3 y 4.

5 Tabla 3: Especificaciones de las juntas de soldadura de las Muestras 1 a 6 y resultados de las pruebas y de la evaluación

	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Muestra 6
Miembro de tubería primaria	Aleación T2	Aleación T1	Aleación T2	Aleación T1	Aleación T3	Aleación T5
Material de soldadura	Aleación W2	Aleación W1	Aleación W2	Aleación W2	Aleación W5	Aleación W3
Material de emplaste	—	—	—	—	—	—
Tratamiento térmico de disolución	1.160 °C × 2 h		1.160 °C × 2 h		1.160 °C × 2 h	
Tratamiento térmico de pre-envejecimiento	800 °C × 16 h		—		—	
Agrietamiento de soldadura	Presente	Presente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Temperatura tolerable de fluencia	733 °C	728 °C	742 °C	738 °C	770 °C	772 °C

Tabla 4: Especificaciones de las juntas de soldadura de las Muestras 7 a 9 y resultados de las pruebas y de la evaluación

	Muestra 7	Muestra 8	Muestra 9
Miembro de tubería primaria	Aleación T3	Aleación T4	Aleación T5
Material de soldadura	Aleación W5	Aleación W3	Aleación W4
Material de emplaste	Aleación W5	Aleación W3	Aleación W4
Tratamiento térmico de solución	1.160 °C × 2 h	1.000 °C × 2 h	
Tratamiento térmico de pre-envejecimiento		900 °C × 16 h	
Agrietamiento de soldadura	Ausente	Ausente	Ausente
Temperatura tolerable de fluencia	805 °C	802 °C	800 °C

10 Los resultados de la observación de la microestructura se muestran en las Figuras 2 y 3. La Figura 2 es una vista esquemática que muestra las microestructuras de las juntas de soldadura de las Muestras 1 a 6. La Figura 3 es una vista esquemática que muestra las microestructuras de las juntas de soldadura de las Muestras 7 a 9. Estos resultados se explican a continuación con referencia a las Tablas 3 y 4, y las Figuras 2 y 3.

15 Las juntas de soldadura de las Muestras 1 y 2 se obtuvieron a partir de aleaciones convencionales a base de Ni después del tratamiento térmico de pre-envejecimiento (800 °C x 16 horas) realizado antes de la soldadura. No se desarrolla el emplaste. La fase γ' ya precipitada en las muestras sin soldar (etiquetadas como "antes de la soldadura"), y también se observó la misma estructura en las muestras examinadas inmediatamente después de la soldadura (etiquetadas como "soldadas"), y en las muestras de la prueba de fluencia suspendida (etiquetadas como "durante la prueba de fluencia"). También se observó el agrietamiento de la soldadura. La temperatura tolerable de fluencia estaba en las proximidades de 730 °C (Muestra 1: 733 °C; Muestra 2: 728 °C), no adecuada para el producto de tuberías de alta temperatura de la clase 800 °C.

20 Las juntas de soldadura de las Muestras 3 y 4 se obtuvieron a partir de las aleaciones convencionales a base de Ni sin realizar el tratamiento térmico de pre-envejecimiento antes de la soldadura (sólo se realizó el tratamiento térmico en solución). No se realizó el emplaste. La fase γ' no precipitó en las muestras sin soldar (antes de soldadura) ni en

muestras examinadas inmediatamente después de la soldadura (soldadas), mientras que se observó la precipitación de la fase γ' en las muestras de la prueba de fluencia suspendida (durante la prueba de fluencia). No hubo agrietamiento de la soldadura. La temperatura tolerable de fluencia estaba en las proximidades de 740 °C (Muestra 3: 742 °C.; Muestra 4: 738 °C), no adecuada para el producto de tuberías de alta temperatura de la clase 800 °C.

- 5 Las juntas de soldadura de las Muestras 5 y 6 se obtuvieron a partir de las aleaciones a base de Ni según la presente invención sin realizar el tratamiento térmico de pre-envejecimiento antes de la soldadura (sólo se realizó el tratamiento térmico en solución). No se realizó el emplaste. La fase γ' no precipitó en las muestras sin soldar (antes de soldadura) ni en muestras examinadas inmediatamente después de la soldadura (soldadas), mientras que se observó una precipitación de la fase γ' gruesa de una forma anormal (tipo ameba) en las muestras de la prueba de fluencia suspendida (durante ensayo de fluencia). Esto se considera que es debido a las composiciones de las aleaciones a base de Ni de la presente invención que generan más precipitación de la fase γ' que las composiciones convencionales, haciendo que la fase γ' precipite a la vez a la temperatura de la prueba de fluencia (correspondiente a la temperatura real de operación), y resultando en un crecimiento anormal de grano. No hubo agrietamiento de la soldadura. La temperatura tolerable de fluencia estaba en las proximidades de 770 °C (Muestra 5: 770 °C.; Muestra 15: 772 °C), no adecuada para el producto de tuberías de alta temperatura de la clase 800 °C. Esto es probablemente debido a la falta de una dispersión y precipitación de la fase γ' fina (la fase γ' se sometió a un crecimiento anormal de grano).

Las juntas de soldadura de las Muestras 7 al 9 se obtuvieron a partir de las aleaciones a base de Ni según la presente invención después del tratamiento térmico de pre-envejecimiento (900 °C x 16 horas) realizado antes de la soldadura. Se realizó el emplaste. La fase γ' no precipitó en los miembros de tubería primaria ni en el material de soldadura en las muestras examinadas inmediatamente después del emplaste (etiquetadas como "emplastadas"), y se observó aproximadamente un 10 % en volumen de precipitación de la fase γ' después del tratamiento térmico de pre-envejecimiento sólo en los miembros de tubería primaria (etiquetadas como "tratadas térmicamente por pre-envejecimiento"). En las muestras de la prueba de fluencia suspendida (etiquetadas como "durante la prueba de fluencia"), se observó dispersión y precipitación de la fase γ' fina en un 30 % en volumen o más en los miembros de tubería primaria, y en un 20 % en volumen o más en el material de soldadura. No hubo agrietamiento de soldadura. La temperatura tolerable de fluencia fue 800 °C o más (Muestra 7: 805 °C; Muestra 8: 802 °C; Muestra 9: 800 °C), lo que confirma que los productos son suficientemente aplicables al producto de tuberías de alta temperatura de la clase 800 °C.

30 Como se demostró anteriormente, se confirmó como proporcionar el producto de tuberías de alta temperatura que exhibe una temperatura tolerable de la clase 800 °C, y el método para producir tales productos de tuberías de alta temperatura. Con el producto de tuberías de alta temperatura de la presente invención, se pude proporcionar una caldera para centrales eléctricas de la clase 800 °C. Esto contribuye en gran medida a la mejora de la eficiencia de la generación de energía de las centrales eléctricas.

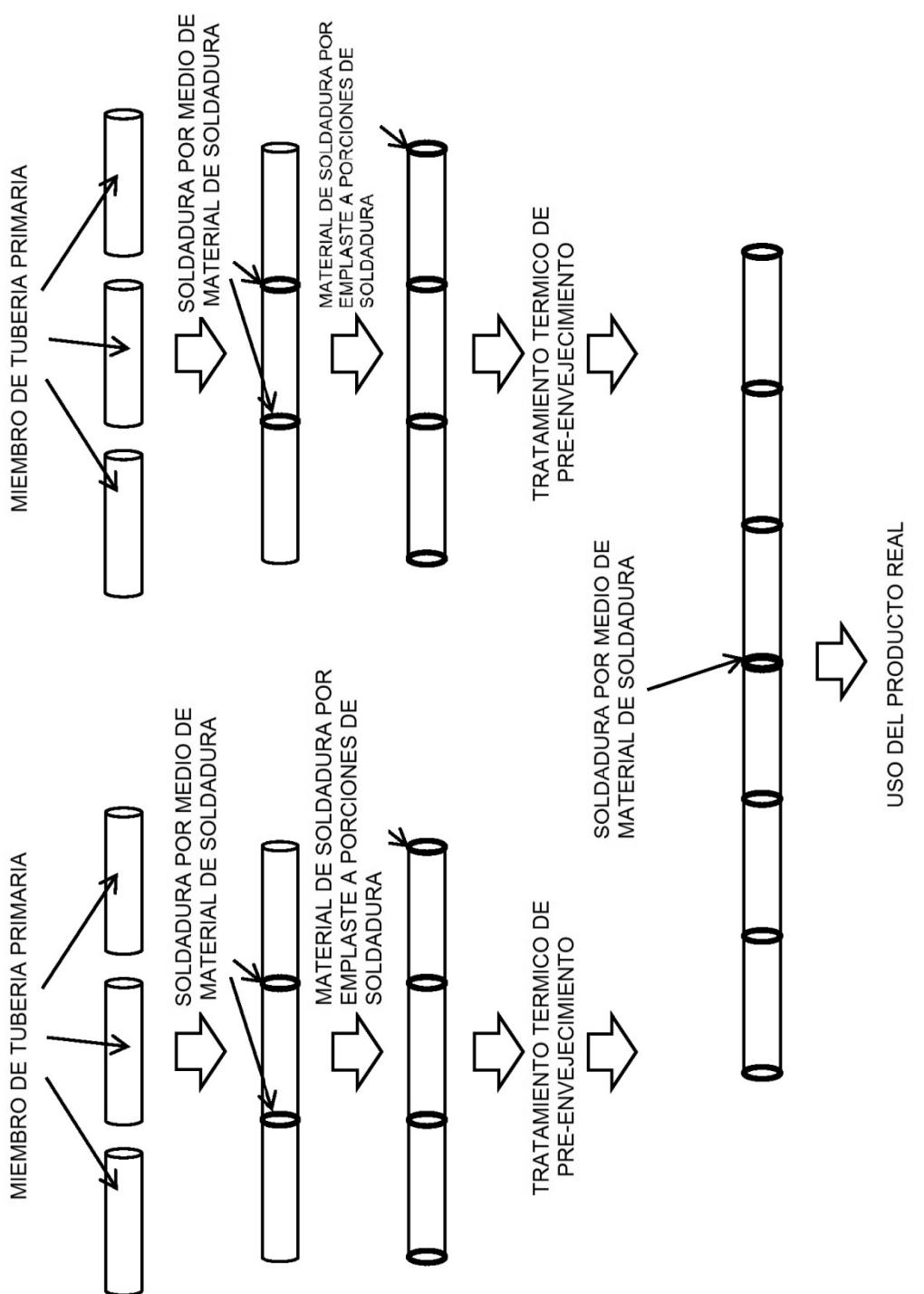
35 Las realizaciones anteriores de la invención además de las reivindicaciones y de las figuras adjuntas muestran múltiples características de caracterización de la invención en combinaciones específicas. La persona experta será fácilmente capaz de considerar combinaciones adicionales o sub-combinaciones de estas características con el fin de adaptar la invención como se define en las reivindicaciones a las necesidades específicas.

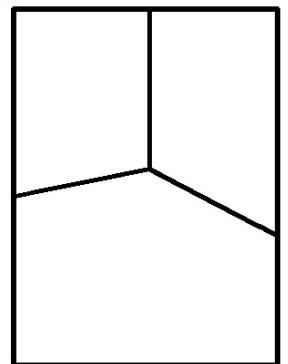
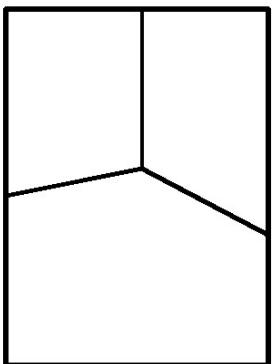
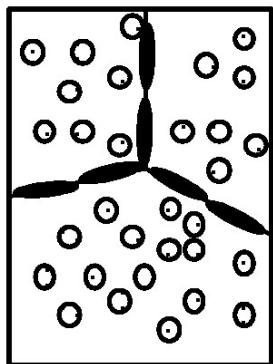
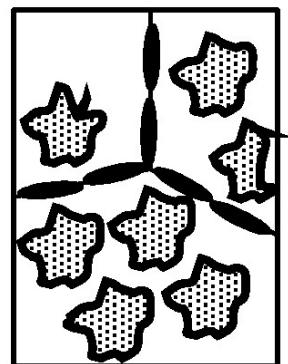
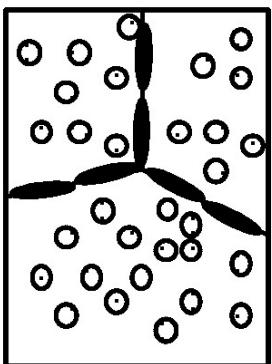
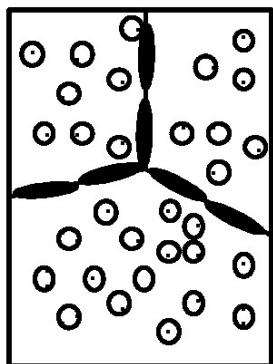
40 La siguiente descripción no limitante de las realizaciones de la invención además de las reivindicaciones y de las figuras adjuntas muestra múltiples características de caracterización de la invención en combinaciones específicas. La persona experta será fácilmente capaz de considerar combinaciones adicionales o sub-combinaciones de estas características con el fin de adaptar la invención como se define en las reivindicaciones a sus necesidades específicas.

45 Las Figuras 2 y 6 muestran realizaciones posibles adicionales de la invención. Con el fin de evitar repeticiones, la siguiente descripción se centra en las diferencias de la realización de la Figura 1 y se refiere al lector a la descripción de la Figura 1 para las características que son similares o idénticas. Con el fin destacar la función o concepto común, se emplean los mismos o similares números de referencia para características con funciones idénticas o muy similares.

REIVINDICACIONES

1. Un producto de tuberías de alta temperatura para el flujo de un fluido a alta temperatura, configurado a partir de una pluralidad de miembros de tubería primaria y de un material de soldadura,
 - en donde los miembros de tubería primaria están cada uno hechos a partir de una aleación de forja a base de Ni que contiene 3,5 % en masa o más y 4,5 % en masa o menos de Al, al menos uno de Mo y W, y opcionalmente 15 % en masa o más y 20 % en masa o menos de Cr; opcionalmente 25 % en masa o menos de Co; opcionalmente 0,01 % en masa o más y 0,15 % en masa o menos de C, siendo el contenido total de Mo y W 3 % en masa o más y 8 % en masa o menos, siendo el resto Ni e impurezas inevitables, teniendo la aleación de forja en base a Ni una temperatura de disolución de la fase y' de desde 920 a 970 °C, y una fase y' que precipita en la aleación de forja a base de Ni en un 30 % en volumen o más en un intervalo de temperatura de desde 700 a 800 °C,
 - en donde el material de soldadura se hace a partir de una aleación de fundición a base de Ni que tiene una estructura de fundición formada por soldadura, conteniendo la aleación de fundición a base de Ni 3 % en masa o más y 3,5 % en masa o menos de Al y al menos uno de Mo y W, siendo el contenido total de Mo y W el 9 % en masa o más y 15 % en masa o menos, opcionalmente 15 % en masa o más y 20 % en masa o menos de Cr; opcionalmente 25 % en masa o menos de Co; opcionalmente 0,01 % en masa o más y 0,15 % en masa o menos de C, siendo el resto Ni e impurezas inevitables, teniendo la aleación de fundición en base a Ni una temperatura de disolución de fase y' de desde 850 a 900 °C, y una fase y' que precipita en la aleación de fundición a base de Ni en un 20 % en volumen o más en un intervalo de temperatura de desde 700 a 800 °C, y
 - en donde el material de soldadura se emplasta a los miembros de tubería primaria en las porciones a soldar entre sí.
2. El producto de tuberías de alta temperatura según la reivindicación 1,
 - en donde la aleación de forja a base de Ni contiene: 3,5 % en masa o más y 4,5 % en masa o menos de Al; 15 % en masa o más y 20 % en masa o menos de Cr; 25 % en masa o menos de Co; 0,01 % en masa o más y 0,15 % en masa o menos de C; al menos uno de Mo y W en un contenido total del 3 % en masa al 8 % en masa; y Ni e impurezas inevitables que representan el resto, y
 - en donde la aleación de fundición a base de Ni contiene: 3 % en masa o más y 3,5 % en masa o menos de Al; 15 % en masa o más y 20 % en masa o menos de Cr; 25 % en masa o menos de Co; 0,01 % en masa o más y 0,15 % en masa o menos de C; al menos uno de Mo y W en un contenido total del 9 % en masa al 15 % en masa; y Ni e impurezas inevitables que representan el resto.
3. Un método para producir el producto de tuberías de alta temperatura según la reivindicación 1 ó 2, comprendiendo el método:
 - una etapa de formar un miembro secundario de tuberías por soldadura de los miembros de tubería primaria entre sí con el material de soldadura emplastado a las porciones de soldadura de los miembros de tubería primaria y formar los miembros secundarios de tuberías cada uno construido a partir de la pluralidad de miembros de tubería primaria; y
 - una etapa de formar un producto de tuberías de alta temperatura por soldadura de los miembros secundarios de tubería entre sí con el material de soldadura emplastado a las porciones de soldadura de los miembros secundarios de tubería y formar de un producto de tuberías de alta temperatura, comprendiendo además el método una etapa de tratamiento térmico de pre-envejecimiento de someter los miembros secundarios de tuberías a un tratamiento térmico a una temperatura igual a o mayor que la temperatura de disolución de la fase y' de la aleación de fundición a base de Ni y a una temperatura igual a o menor que la temperatura de disolución de la fase y' de la aleación de forja a base de Ni para precipitar un 5 % en volumen o más y un 15 % en volumen o menos de la fase y' en los miembros de tubería primaria, desarrollándose la etapa de tratamiento térmico de pre-envejecimiento después de la etapa de formación del miembro secundario de tuberías y antes de la etapa de formación del producto de tuberías de alta temperatura.
 4. El método según la reivindicación 3, en donde la etapa de formación del producto de tuberías de alta temperatura no es seguido por un tratamiento térmico de envejecimiento en el que un 30 % en volumen o más de la fase y' precipita en los miembros de tubería primaria bajo el calor externo aplicado a la totalidad del producto de tuberías de alta temperatura.
 5. Una caldera para centrales eléctricas, comprendiendo la caldera el producto de tuberías de alta temperatura según la reivindicación 1 o 2.





MUESTRA 1
MUESTRA 2

MUESTRA 3
MUESTRA 4

MUESTRA 5
MUESTRA 6

ANTES DE SOLDADURA

SOLDADA

DURANTE PRUEBA DE FLUENCIA

Figura 2

