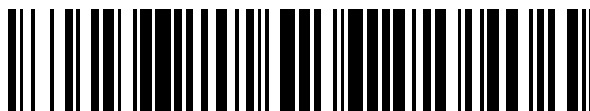


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 693 585**

51 Int. Cl.:

F28F 1/40 (2006.01)

C10G 9/20 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **04.07.2007 PCT/JP2007/063357**

87 Fecha y número de publicación internacional: **10.01.2008 WO08004574**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.07.2007 E 07790434 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.09.2018 EP 2037202**

54 Título: **Tubo metálico para reacción de craqueo térmico**

30 Prioridad:

05.07.2006 JP 2006185218

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

12.12.2018

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**HIGUCHI, JUNICHI y
HAMAOGI, KENJI**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 693 585 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

Tubo metálico para reacción de craqueo térmico.

5 [Campo técnico]

La presente invención se refiere a un tubo metálico para la reacción de pirólisis, que está provisto de nervaduras formadas en la superficie interna del tubo y es adecuado para su uso como tubo de horno de pirólisis, un tubo de horno de reformado, un tubo de horno de calentamiento, un tubo intercambiador de calor o similares en plantas tales como una planta de refinería de petróleo, una planta petroquímica o similares. En particular, la presente invención se refiere a un tubo metálico para una reacción de pirólisis que se utiliza, por ejemplo, en una planta de etileno o similar, y más particularmente se refiere a un tubo metálico adecuado para uso como un tubo en el que olefinas (C_nH_{2n}) se producen a partir de hidrocarburos por una reacción de pirólisis que se produce debido al suministro de calor desde la superficie exterior del tubo.

15 [Antecedentes de la técnica]

Las olefinas (C_nH_{2n}), como el etileno (C_2H_4), se producen por pirólisis de los hidrocarburos (nafta, gas natural, etano o similares). En particular, para producir hidrocarburos olefínicos (etileno, propileno o similares), los hidrocarburos se suministran con vapor en un tubo provisto en un horno de reacción y se suministra calor a los hidrocarburos desde la superficie exterior del tubo de tal manera que una reacción de pirólisis de los hidrocarburos se pueda generar en el tubo. El tubo está fabricado con una aleación de alto contenido de Cr y alto contenido de Ni, representado por una aleación de 25%Cr-25%Ni, una aleación de 25%Cr-38%Ni o similar, o está hecho de acero inoxidable como se representa por tipo AISI 304.

25 En la reacción de pirólisis descrita anteriormente, es necesario transferir calor (que se suministra a la superficie exterior del tubo) desde la superficie exterior del tubo a la superficie interna del tubo de manera eficiente, para evitar que los hidrocarburos no reaccionados se descarguen fuera del horno. Es decir, el tubo necesita una "característica de intercambio de calor" superior. La característica de intercambio de calor puede evaluarse midiendo la temperatura promedio del fluido en la salida del tubo. Cuando el tubo tiene la característica de intercambio de calor superior, la temperatura promedio del fluido en la salida del tubo aumenta.

35 Un gas mixto compuesto de hidrocarburos y vapor se suministra a un tubo de acero desde una entrada del tubo de acero con baja presión y alta velocidad. El gas mixto sin reaccionar y el gas recién formado debido a la reacción se mueven una larga distancia a lo largo de las nervaduras provistas en la superficie interna del tubo. Por lo tanto, el flujo de gas se interrumpe dependiendo de la forma de las nervaduras. En este caso, se separan un fluido en la porción central del tubo y un fluido en la parte inferior de la nervadura. Por lo tanto, una transferencia de masa (reacción) entre la porción central del tubo y la parte inferior de la nervadura resulta insuficiente. En tales casos, dado que los productos de reacción se acumulan en las partes inferiores de las nervaduras, se produce una reacción de pirólisis excesiva. Por el contrario, la reacción se vuelve insuficiente en la porción central del tubo, lo que lleva a la pérdida de rendimiento. Para resolver tales problemas, el tubo debe tener "características de reacción de pirólisis" superiores. Las características de la reacción se pueden evaluar por la desviación de las temperaturas en la salida del tubo, ya que las características de la reacción de pirólisis dependen del flujo de masa en el tubo.

45 El documento de patente 1 (JP 58-173022A) divulga un proceso de producción de un tubo con nervaduras en espiral intratubular. En el proceso de producción anterior, el tubo con nervaduras intratubulares espirales se produce por trabajo torsional de un tubo metálico con nervaduras rectas intratubulares que se produce mediante un proceso de extrusión en caliente. El documento de patente 2 (JP 01-127896A) divulga un material de tubo para un intercambiador de calor con forma ondulada en la superficie interna de la sección transversal, en el que el radio de curvatura convexa de las crestas, R_F , y el radio de curvatura cóncava de Valles, R_S , satisfacen una relación de $R_S \geq R_F$.

55 Además, el Documento de Patente 3 (JP 08-82494A) divulga un tubo para intercambio de calor. El tubo está provisto de aletas que se forman en la superficie interna del tubo a pasos determinados y se extienden a direcciones que se intersecan con el eje del tubo. En particular, las aletas están dispuestas en una o una pluralidad de áreas en la superficie interna a lo largo de la dirección del eje del tubo o en un área completa en la superficie interna. El documento de patente 4 (JP2005-533917A) divulga un tubo con aletas espirales intratubulares, que se utiliza para el proceso de reacción de pirólisis de hidrocarburos bajo el vapor existente.

60 Sin embargo, los tubos con nervaduras o aletas intratubulares descritos en los Documentos de Patentes descritos anteriormente no pueden equilibrar la "característica de intercambio de calor" y la "característica de reacción de pirólisis", y no pueden mejorar ambas características de manera suficiente. De este modo, se deseaban tubos para el intercambio de calor con nervaduras intratubulares, en los que se mejoran aún más las dos características descritas anteriormente.

65

Mientras tanto, con respecto a las condiciones de uso de los tubos metálicos utilizados en la reacción de pirólisis en un horno de craqueo de una planta de etileno o similar, la temperatura tiende a ser más alta debido a la mejora del rendimiento, con un reciente aumento de la demanda de resinoides. En dichos tubos metálicos utilizados para la reacción de pirólisis a temperaturas más altas, el carbono se forma inevitablemente debido a la reacción de pirólisis. Luego, el carbono se une a la superficie interna del tubo y se deposita en la superficie interna. Este fenómeno se llama "coquización".

Cuando se produce la coquización, la eficacia de la reacción de pirólisis disminuye ya que el carbono depositado evita la transferencia del calor suministrado desde la superficie exterior del tubo al gas mezclado. Además, el tubo de acero se vuelve frágil ya que el carbono acumulado se difunde dentro del tubo de acero, lo que provoca la carburación del tubo de acero. Por lo tanto, el daño del tubo de acero es causado por la porción de carburación. Además, cuando el carbono, que se desprende de la capa depositada, se acumula en el tubo de acero, el flujo de gas se interrumpe y la reacción de pirólisis también se inhibe y causa el daño descrito anteriormente. Además, cuando los depósitos de carbono en grandes cantidades, pueden ocurrir accidentes graves como una explosión o similares. Por lo tanto, en la práctica se lleva a cabo un flujo de aire y vapor periódicamente en el tubo para oxidar y eliminar la precipitación del carbono, es decir, la descoquificación. Sin embargo, el trabajo de descoquificación lleva a grandes problemas, como el cierre durante el trabajo de descoquificación y un incremento de la hora hombre o similar.

La superficie interna del tubo metálico para la reacción de pirólisis se expone a la atmósfera del gas carburante que contiene gas de hidrocarburo, gas CO o similares. Por lo tanto, se requiere un material resistente al calor que tenga resistencias a la carburación y coquización en la atmósfera del gas de carburación como un material del tubo.

El documento de patente 5 (JP 2005-48284A) divulga un tubo de acero inoxidable que consiste en un material madre que incluye 20 a 35% en masa de Cr y el tubo tiene resistencia a la carburación y la coquización. El tubo descrito tiene una capa superficial que comprende una capa empobrecida en Cr que incluye más de o igual al 10% en masa de Cr y cuyo espesor es menor o igual a 20 μm . Aunque se divulga que en el documento de patente 5 puede proporcionarse una protuberancia, aleta o similar en la superficie interna del tubo, las configuraciones específicas no se describen en absoluto.

[Documento de Patente 1] JP 58-173022A

[Documento de Patente 2] JP 01-127896A

[Documento de Patente 3] JP 08-82494A

[Documento de Patente 4] JP2005-533917A

[Documento de Patente 5] JP 2005-48284A

El documento EP1561795 (A1) divulga un tubo (50) de craqueo para uso en hornos de craqueo térmico que tienen aletas (1) formadas en una superficie interior del mismo e inclinadas con respecto a un eje del tubo para agitar un fluido dentro del tubo. Las aletas están dispuestas de forma discreta en uno o varios loci helicoidales, y la superficie interior del tubo tiene regiones (ZB) en las que no hay aletas presentes en toda la longitud axial del tubo desde un extremo axial del tubo hasta el otro extremo axial del mismo. El documento US 2005/0131263 A1 divulga un tubo metálico para reacción de pirólisis que comprende nervaduras en espiral provistas en una superficie interna del tubo y que tiene una inclinación de 30 grados con respecto a una dirección axial del tubo.

[Divulgación de la invención]

[Sujeto a ser resuelto por la invención]

La presente invención se ha logrado en vista de las situaciones reales descritas anteriormente, y un objeto de la presente invención es proporcionar un tubo metálico para la reacción de pirólisis que tenga las características (1) y (2) que se describen a continuación.

(1) Característica de reacción de alta pirólisis que se logra con el contacto frecuente del gas no reaccionado en la porción central del eje del tubo a la superficie interna (que es el sitio de reacción) del tubo.

(2) Característica superior para la reacción de pirólisis, el intercambio de calor y la resistencia a la carburación, que es adecuada para su uso en el proceso de descomposición pirolítica de hidrocarburos.

[Medios para resolver los problemas]

Con el fin de resolver los objetos descritos anteriormente, los presentes inventores investigaron ampliamente con el fin de proporcionar un tubo metálico para la reacción de pirólisis, que acelera la reacción de pirólisis al aumentar el

contacto frecuente con el gas no reaccionado en la porción central del eje del tubo hacia la superficie interior (que es el sitio de reacción) del tubo y tiene características superiores de intercambio de calor y resistencia superior a la carburación. En consecuencia, los inventores obtuvieron los hallazgos (A) a (E) que se describen a continuación.

(A) Para evitar que los hidrocarburos sin reaccionar se descarguen al exterior de un horno, es necesario transferir eficientemente el calor (que se suministra a la superficie exterior de un tubo) desde la superficie exterior del tubo a la superficie interna del tubo. Es decir, es necesario que la característica de intercambio de calor del tubo sea superior. Para este propósito, un área de contacto entre el gas que fluye en el tubo y la superficie interna del tubo, o un área de la superficie interna del tubo debe ser grande.

(B) El área de la superficie interna del tubo aumenta al aumentar el número de nervaduras intratubulares. Además, el área de la superficie interna aumenta al aumentar la altura de las nervaduras. Además, el área de la superficie interna aumenta más cuando las nervaduras se levantan formando un ángulo agudo en la sección transversal que cuando la forma concavo-convexa, que se curva suavemente en la sección transversal, está formada por las nervaduras.

La característica de intercambio de calor, cuando se calienta fuera del tubo, mejora si las nervaduras tienen una forma afilada. Dado que el área total de las partes más delgadas del tubo, o el área total de las partes inferiores de las nervaduras es grande cuando las nervaduras tienen una forma afilada, se mejora la característica de intercambio de calor. Sin embargo, las nervaduras altas pueden expandir la distancia desde la parte superior de las nervaduras hasta la superficie exterior del tubo. En este caso, dado que aumenta el grosor del tubo, medido en la parte superior de la nervadura, la transferencia de calor desde el exterior del tubo se vuelve insuficiente. Por lo tanto, la temperatura en la parte superior de la nervadura disminuye. Como resultado de lo anterior, la característica de intercambio de calor se deteriora.

(C) Un gas mixto compuesto de hidrocarburos y vapor se suministra al tubo desde la entrada del tubo a baja presión y alta velocidad. El gas, que se forma a partir del gas mezclado por la reacción, se mueve una larga distancia a lo largo de las nervaduras provistas en la superficie interna del tubo. Aquí, el flujo de gas se interrumpe dependiendo de las formas de las nervaduras o el número de las nervaduras. En este caso, debido a que la desviación de velocidad entre un fluido en la porción central del tubo y un fluido en la parte inferior del tubo se vuelve excesiva, y una transferencia de masa (reacción) entre la porción central del tubo y la parte inferior de la nervadura se vuelve insuficiente. En tales casos, dado que los productos de reacción se acumulan en las partes inferiores de las nervaduras, se produce una reacción de pirólisis excesiva. Por el contrario, la reacción se vuelve insuficiente en la porción central del tubo, lo que lleva a la pérdida de rendimiento. Por lo tanto, es necesario reducir la acumulación de gas en la superficie interna del tubo y también para uniformar el flujo de gas en la sección transversal. Es decir, es necesario mejorar las características de la reacción de pirólisis.

(D) Las características de reacción de pirólisis del tubo se mejoran al aumentar la altura de la nervadura, o al aumentar el ángulo de inclinación de la nervadura en espiral hacia el eje del tubo. Cuando la altura de la nervadura es demasiado alta o la inclinación de la nervadura en espiral es demasiado grande, sin embargo, el flujo de fluido se interrumpe en la parte inferior por la nervadura. En este caso, un fluido en la porción central del tubo y el fluido en la parte inferior de la nervadura se separan, lo que lleva a un aumento de la desviación de la velocidad del fluido. En consecuencia, las características de reacción de pirólisis del tubo se deterioran. Además, cuando aumenta el número de nervaduras, la nervadura interrumpe el flujo de fluido en la parte inferior. En este caso, dado que el flujo de fluido que pasa entre la parte inferior y la porción central del tubo se estanca, el fluido en la porción central del tubo y un fluido en la parte inferior de la nervadura se separan. En consecuencia, las características de reacción de pirólisis del tubo se deterioran.

(E) Por las razones descritas anteriormente, es necesario determinar de manera óptima el número de nervaduras formadas en la superficie interna del tubo, la altura de la nervadura, el ángulo de inclinación de la nervadura con respecto al eje del tubo y similares para poder lograr un equilibrio entre la característica de intercambio de calor y la característica de reacción de pirólisis.

La presente invención se ha completado con base en los hallazgos descritos anteriormente, y las ideas generales de la presente invención son un tubo metálico para la reacción de pirólisis, que se describe a continuación (1) a (4).

(1) Un tubo metálico para la reacción de pirólisis que comprende solo 3 o 4 nervaduras en espiral, que tienen una inclinación de 20 a 35 grados con respecto a una dirección axial del tubo metálico, provisto en una superficie interna del tubo metálico; caracterizado porque h/D_i de 0.1 a 0.2 y h/w de 0.25 a 1.0 cuando una altura de cada nervadura en espiral se define como "h", una anchura de cada nervadura en espiral en su parte inferior se define como "w" y un diámetro interior del tubo metálico en la parte inferior se define como " D_i " en la sección transversal de cada nervadura en espiral.

Tenga en cuenta que "sección transversal de cada nervadura en espiral" significa una sección transversal perpendicular a un eje del tubo metálico.

(2) El tubo metálico para la reacción de pirólisis de acuerdo con lo descrito anteriormente (1), caracterizado porque la forma de una sección transversal de cada nervadura es isósceles triangular.

(3) El tubo metálico para la reacción de pirólisis de acuerdo con lo descrito anteriormente (1) o (2), caracterizado porque las nervaduras en espiral están formadas integralmente con un cuerpo de tubo por extrusión en caliente.

(4) El tubo metálico para una reacción de pirólisis de acuerdo con cualquiera de lo descrito anteriormente (1) a (3), caracterizado porque el tubo metálico es un tubo que se utiliza para un proceso de reacción de pirólisis de hidrocarburos.

Se pueden emplear diversas formas tales como una forma triangular, una forma trapezoidal o similares para la forma de sección transversal del tubo de la presente invención. Una forma triangular isósceles es deseable entre las formas triangulares. Una forma trapezoidal isósceles es deseable entre las formas trapezoidales. En el caso de la forma trapezoidal, un lado más largo entre dos lados paralelos está dispuesto en el lado inferior.

La figura 1 es una figura que explica la forma de las nervaduras del tubo metálico de la presente invención, que muestra una parte de la sección transversal perpendicular al eje del tubo. Como se muestra en la figura, se proporciona una nervadura 1 en una superficie interna del tubo. La forma de la nervadura, mostrada aquí como ejemplo, es una forma triangular isósceles. En la figura, la altura de las nervaduras se indica con "h" y el ancho de las nervaduras en la parte inferior se indica con "w". Un diámetro interior "Di" inferior de la nervadura es un diámetro interior del tubo correspondiente a la parte inferior de la nervadura, y un diámetro "Dm" interior de montaje de la nervadura es un diámetro interior del tubo correspondiente a la parte superior de la nervadura. Tenga en cuenta que la "forma triangular isósceles" significa una forma triangular sustancialmente isósceles como se describe a continuación.

Como se describió anteriormente, se pueden emplear diversas formas tales como una forma triangular, una forma trapezoidal y similares para la forma de sección transversal del tubo de la presente invención. Aquí, la forma triangular incluye no solo una forma triangular adecuada sino también una forma que se considera sustancialmente como una forma triangular. Además, la forma trapezoidal incluye no solo una forma trapezoidal adecuada sino también una forma que se considera sustancialmente como una forma trapezoidal. Por ejemplo, la nervadura puede tener una parte superior redondeada como se muestra en la figura 1. Esto es igual en el caso de la forma trapezoidal. La esquina del lado paralelo y del lado oblicuo puede tener una forma redondeada, como una forma achaflanada. Además, el lado oblicuo entre la parte superior de la nervadura y la parte inferior de la nervadura puede no ser siempre una línea recta. Especialmente, es deseable que el lado oblicuo y la parte inferior de la nervadura estén conectados por una curva suave.

Como se describió anteriormente, una forma triangular isósceles es deseable entre las formas triangulares y una forma trapezoidal isósceles es deseable entre las formas trapezoidales. El tubo con nervaduras, cada uno de los cuales es un saliente continuo provisto en la superficie interna del tubo, puede producirse fácilmente mediante un proceso de trabajo en caliente o un proceso de trabajo en frío cuando la forma de las nervaduras es bilateralmente simétrica como se describió anteriormente.

[Eficacia de la invención]

El tubo metálico en la presente invención es un tubo metálico para una reacción de pirólisis que tiene una característica de intercambio de calor superior y una característica de reacción de pirólisis superior. Al utilizar este tubo, el rendimiento de producción de olefinas como los hidrocarburos se puede mejorar con poca energía. Además, dado que este tubo tiene resistencias superiores a la carburación y la coquización, se puede mejorar la tasa de operación del aparato de producción.

[Breve descripción de los dibujos]

[Fig. 1] La figura 1 es una figura que explica la forma de las nervaduras del tubo metálico de la presente invención, que muestra una parte de la sección transversal perpendicular al eje del tubo.

[Fig. 2] La figura 2 ilustra la temperatura promedio y la desviación de la temperatura del fluido en la salida de los tubos metálicos que tienen varios números de nervaduras y varios ángulos de inclinación.

[Fig. 3] La figura 3 ilustra los efectos de la altura de la nervadura y el ángulo de inclinación de la nervadura sobre la temperatura promedio y la desviación de la temperatura del fluido en la salida de los tubos.

[Fig. 4] La figura 4 ilustra los efectos de h/w, la relación entre la altura de la nervadura "h" y el ancho de la nervadura "w" en la parte inferior, y el ángulo de inclinación de la nervadura en la temperatura promedio y la desviación de la temperatura del fluido en la salida de los tubos.

[Fig. 5] La figura 5 ilustra copias de fotografías, que muestran la sección transversal perpendicular al eje del tubo de los tubos.

[Mejor realización de la invención]

1. Sobre la forma de las nervaduras.

Para optimizar la forma de las nervaduras, se ha realizado la siguiente prueba de simulación.

1-1. Prueba de simulación 1

Como se muestra en la tabla 1, se prepararon tubos metálicos para la reacción de pirólisis con varios tipos de nervaduras intratubulares con números variables, altura, forma y ángulos de inclinación, y la prueba de simulación se realizó utilizando la condición mostrada en la tabla 2.

[Tabla 1]

Tabla 1

Longitud del tubo	4000mm
Diámetro exterior del tubo, D_o	61mm
Diámetro interior en la parte inferior de la nervadura, D_i	48mm
Diámetro interior en la parte superior de la nervadura, D_m	37mm
Número de nervaduras	1, 2, 3, 4, 5, 8
Ángulo de inclinación de la nervadura (grado)	15°, 20°, 25°, 30°, 35°
Dimensión de la nervadura	Altura, h: 5.5mm
	Ancho en la parte inferior, w: 13.7mm

[Tabla 2]

Tabla 2

Fluido suministrado	Aire
Tasa de flujo	50 m/seg
Temperatura del fluido suministrado al interior del tubo.	293 K
Temperatura de la superficie exterior del tubo.	1123 K
Otros	La región de 1m en el lado de entrada de fluido es la región de entrada. La región de 3m en la parte trasera es la región de calentamiento.

En esta simulación, las ecuaciones de conservación de masa, conservación de momento y conservación de energía del fluido en el tubo de acero se resolvieron basados en las condiciones mostradas en la tabla 2 sin considerar la reacción de pirólisis mediante el uso de un código de dinámica de fluidos computacional comercial. Luego, el flujo y el comportamiento conductor térmico en el tubo de acero se evaluaron mediante la simulación tridimensional para calcular un coeficiente de viscosidad efectivo (una conductividad térmica efectiva y un coeficiente de difusión efectivo) en el tubo. Tenga en cuenta que el modelo turbulento se empleó para considerar el efecto del flujo turbulento. Los resultados obtenidos se muestran en la figura 2.

En la figura 2, un eje horizontal significa la temperatura promedio del fluido en la salida del tubo de acero. El valor más alto de esta temperatura promedio significa una alta capacidad de transferencia de calor desde el exterior del tubo de acero, mostrando un buen rendimiento de intercambio de calor.

Un eje vertical en la figura 2 muestra un promedio de desviación de la temperatura del fluido en la salida del tubo de acero. El valor más bajo del promedio de desviación de la temperatura significa que la temperatura se distribuye uniformemente en la sección transversal del tubo de acero. En otras palabras, cuando el valor promedio de la desviación de la temperatura es grande, la temperatura en la porción central del tubo de acero es baja y la parte cerca de la superficie interna se calienta localmente, lo que muestra un desempeño deficiente de la reacción de pirólisis.

Un valor del eje vertical en la figura 2 (promedio de la desviación de la temperatura) es igual al valor de ΔT que se obtiene al seguir la fórmula 1, cuando la temperatura promedio se define como " $T_{media}(K)$ ", y una temperatura local en la misma sección transversal se define como " $T_{local}(K)$ ". Tenga en cuenta que, " S " indica un área de sección transversal de un espacio en el que el fluido pasa a través del tubo.

[Fórmula 1]

$$\Delta T = \frac{1}{S} \int_S \sqrt{(T_{local} - T_{media})^2} ds$$

De la figura 2, se puede obtener la siguiente conclusión.

1) El rendimiento de intercambio de calor, representado por la temperatura promedio del fluido en la salida del tubo (eje horizontal en la figura 2), se incrementa al aumentar un área de la superficie interna del tubo. El área de la superficie interna del tubo se incrementa al aumentar un número de nervaduras.

2) El promedio de la desviación de la temperatura en la salida del tubo (" ΔT " calculada por la fórmula 1 anterior), disminuye al aumentar el ángulo de inclinación de la nervadura. Es decir, la característica de la reacción de pirólisis se mejora al aumentar el ángulo de inclinación de la nervadura. En el mismo ángulo de inclinación, cuando el número de nervaduras es 3, la reacción de pirólisis representa el máximo rendimiento. Cuando los números de nervaduras están dispuestos en orden descendente del rendimiento de la reacción de pirólisis, se disponen en orden de tres nervaduras, cuatro nervaduras, dos nervaduras, cinco nervaduras, una nervadura y ocho nervaduras.

1-2. Prueba de simulación 2

Como se muestra en la tabla 3, el efecto de la forma de las nervaduras se investigó mediante la prueba de simulación en las mismas condiciones que en la tabla 2, utilizando tubos con 3 nervaduras de varias alturas y varios ángulos de inclinación. Los resultados se muestran en la figura 3.

[Tabla 3]

Tabla 3

Longitud del tubo	4000mm								
Diámetro exterior del tubo, D_o	61mm								
Diámetro interior en la parte inferior de la nervadura, D_i	48mm								
Diámetro interior en la parte superior de la nervadura, D_m	37mm								
Número de nervaduras	3								
Ángulo de inclinación de la nervadura (grado)	25°, 30°, 35°								
Dimensión de la nervadura	Altura, $h(mm)$	4.0	5.0	5.5	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0
	h/D_i	0.083	0.104	0.115	0.125	0.146	0.167	0.188	0.208
	Ancho en la parte inferior, $w(mm)$	14.5	14.1	13.7	13.3	13.0	12.7	12.2	11.9

Como es obvio en la figura 3, al aumentar la altura de las nervaduras, la temperatura promedio indicada por el eje horizontal aumenta, es decir, se mejora el rendimiento de intercambio de calor. Además, al aumentar la altura de las nervaduras, el promedio de la desviación de la temperatura indicada por el eje vertical disminuye, es decir, se mejora el rendimiento de la reacción de pirólisis. Sin embargo, cuando la altura de la nervadura es de 4.0mm, el rendimiento de la reacción de pirólisis se deteriora. Por el contrario, el rendimiento de la reacción de pirólisis a la altura de las nervaduras de 10.0mm muestra una pequeña ventaja, en comparación con las de la altura de las nervaduras de 8.0mm o 9.0mm. No hay mucha diferencia en el efecto del ángulo de inclinación de la nervadura entre 25° y 35°.

Como se describió anteriormente, las características de intercambio de calor y reacción pirolítica se mejoran al aumentar la altura de la nervadura (h). Sin embargo, cuando la altura de la nervadura es demasiado alta, el flujo de gas es interrumpido por la nervadura. Por lo tanto, el gas se estanca en la parte inferior, lo que lleva al deterioro del rendimiento de la reacción de pirólisis. Además, la temperatura en la parte superior de la nervadura se vuelve más baja, lo que lleva a un deterioro de las características de intercambio de calor. Además, resulta fácil introducir coquización y también dificulta la formación de nervaduras altas mediante extrusión en caliente o laminación en frío. Mientras tanto, cuando la altura de la nervadura es demasiado baja, el área de la superficie interna del tubo se vuelve más pequeña, lo que lleva al deterioro de la característica de intercambio de calor y al rendimiento de la reacción de pirólisis.

1-3. Prueba de simulación 3

Como se muestra en la tabla 4, se realizó una prueba de simulación en las mismas condiciones que en la tabla 2, utilizando tubos con 3 nervaduras de 5.5mm de altura con varios anchos de nervadura "w", para los diferentes ángulos de inclinación de 25°, 30° y 35°. Los resultados se muestran en la figura 4.

[Tabla 4]

Tabla 4

Longitud del tubo	4000mm							
Diámetro exterior del tubo, D _o	61mm							
Diámetro interior en la parte inferior de la nervadura, D _i	48mm							
Diámetro interior en la parte superior de la nervadura, D _m	37mm							
Número de nervaduras	3							
Ángulo de inclinación de la nervadura (grado)	25°, 30°, 35°							
Dimensión de la nervadura	Altura, h(mm)		5.5					
	Ancho en la parte inferior, w (mm)		12	17	21	24	28	31
	h/w		0.46	0.32	0.26	0.23	0.20	0.18

Como es obvio en la figura 4, el rendimiento de la reacción de pirólisis se deteriora al disminuir "h/w", donde la forma de las nervaduras se convierte en una onda bastante suave. Es decir, el promedio de desviación de temperatura indicado por el eje vertical de las figuras 2 a 4 aumenta al disminuir el "h/w". Por el contrario, el rendimiento de la reacción de pirólisis se mejora aumentando el h/w. Cuando el h/w es pequeño, el área de la superficie interna se vuelve pequeña en comparación con cuando el h/w es grande con una forma afilada de nervadura. Por lo tanto, se reduce la temperatura promedio indicada por el eje horizontal de las figuras 2 a 4. Es decir, el rendimiento del intercambio de calor tiene una tendencia a disminuir.

Desde un punto de vista del proceso de fabricación de los tubos, se hace difícil producir tales tubos con nervaduras altas y delgadas, es decir, alto valor de h/w, por extrusión en caliente o laminado en frío.

1-4. Decisión de las nervaduras de forma óptima sobre la base de pruebas de simulación

(1) Número de nervaduras

A partir de los resultados de la prueba de simulación 1, se determinó que un número de nervaduras adecuado era 3 o 4. El número de nervaduras deseable es 3.

(2) Ángulo de inclinación de la nervadura.

A partir de los resultados de la prueba de simulación 1, se determinó que el ángulo de inclinación de la nervadura era de 20° a 35°. Un ángulo favorable es de 25° a 30°.

(3) Forma de las nervaduras (relación entre la altura de la nervadura "h", el ancho de la nervadura en la parte inferior "w" y un diámetro interior en la parte inferior de la nervadura "Di")

Se determinó que h/D_i y h/w adecuados eran 0.1 a 0.2, y 0.25 a 1.0 respectivamente, donde h : altura de las nervaduras en la sección transversal del tubo, w : anchura de las nervaduras en la parte inferior, y D_i : diámetro interior en la parte inferior de la nervadura.

La altura de la nervadura " h " se determinó que estaba representada por h/D_i . Aunque se usan tubos de varios tamaños para un tubo metálico en la reacción de pirólisis, se puede considerar que una figura es una figura similar cuando se considera el intercambio de calor y la reacción de pirólisis en la superficie interna del tubo. Por lo tanto, la altura de la nervadura " h " se puede normalizar por h/D_i . Como se muestra en la figura 3, los resultados de la prueba de simulación 2, tanto el rendimiento del intercambio de calor como la reacción de pirólisis se mejoran al aumentar la altura de la nervadura " h " por encima o igual a 5.0mm, y la mejora se hace evidente cuando la nervadura es mayor. Aunque el rendimiento del intercambio de calor se mejora al aumentar la altura de las nervaduras, el efecto de mejora en el rendimiento de la reacción de pirólisis se satura cuando la altura de las nervaduras es de 8,0 a 10,0mm. Desde el punto de vista de la fabricación de tubos, los tubos con nervaduras de menor altura son deseables debido a la formación más fácil de las nervaduras. Por las razones descritas anteriormente, se determinó que la altura de la nervadura favorable " h " era de 5.0 a 10.0mm, y se determinó que un rango adecuado de h/D_i era de 0.1 a 0.2 debido a que el diámetro interno en la parte inferior " D_i " del tubo utilizado en la prueba de simulación 2 es de 48mm. La altura límite superior de las nervaduras es favorablemente de 8mm ya que el efecto de mejora al aumentar la altura de las nervaduras en la reacción de pirólisis está saturado, además de la preocupación de la fabricación de tubos, es decir, los tubos con nervaduras se vuelven difíciles de producir por trabajo en caliente o frío. Por lo tanto, otro límite superior deseable de h/D_i es 0.17.

A continuación, la relación entre la altura de la nervadura " h " y el ancho de la nervadura en la parte inferior " w " se describirá de la siguiente manera.

Teniendo en cuenta las características de intercambio de calor y el rendimiento de la reacción de pirólisis (flujo de fluido entre la parte inferior de la nervadura y la porción central del tubo), al mismo tiempo que se considera la aptitud para ser trabajada durante la formación de la nervadura, la forma de la nervadura debe caracterizarse no solo por la altura " h " de la nervadura sino también por la relación entre la altura de la nervadura " h " y el ancho de la nervadura en la parte inferior " w " (que es h/w). Se puede ver claramente en los resultados de la prueba de simulación 3, con la disminución de h/w , el promedio de la desviación de la temperatura aumenta y el rendimiento de la reacción de pirólisis se deteriora. De tales resultados, se determinó que el límite inferior de h/w era de 0,25. Por el contrario, dado que el rendimiento de la reacción de pirólisis se mejora al aumentar el h/w , el h/w debe ser favorablemente grande. Por lo tanto, el límite inferior favorable es 0.35, y el límite inferior más favorable es 0.4.

Por otro lado, aunque el valor máximo de h/w en la prueba de simulación 3 fue de 0.46, si se incrementa h/w , los rendimientos de la reacción de pirólisis (promedio de la desviación de la temperatura) y del intercambio de calor (temperatura promedio) tienen una tendencia a mejorar. Además, aunque el h/w no se cambio linealmente en la prueba de simulación 2 utilizando tubos con varias alturas de nervaduras " h ", como se puede ver en los valores de la altura de las nervaduras " h ", y el ancho de las nervaduras en la parte inferior " w ", en la tabla 3, h/w se cambió de 0.28 a 0.84, y el rendimiento de la reacción de pirólisis (promedio de la desviación de la temperatura) y el intercambio de calor (temperatura promedio) mejoraron al aumentar el h/w como se muestra en la figura 4. Por las razones descritas anteriormente, se ha determinado que el límite superior de h/w es 1.0, el límite superior favorable es 0.7 y el límite superior más favorable es 0.55.

2. Proceso de producción de un tubo metálico en la presente invención.

El tubo metálico para la reacción de pirólisis en la presente invención se produce a partir de materiales con forma de tubería, como tubería sin costura, tubería soldada o similares, que se preparan combinando los procesos de fusión, fundición, trabajo en caliente, trabajo en frío, soldadura, o similares. Por supuesto, los materiales con forma de tubería se pueden preparar por medio de metalurgia de polvos, fundición centrífuga o similares.

Como método para formar nervaduras en espiral en la superficie interna del tubo, los siguientes métodos de (a)-(c) se muestran en el siguiente ejemplo.

(a) Primero, se produce un tubo con nervaduras rectas intratubulares, en la cual la altura de la nervadura es uniforme en la dirección longitudinal del tubo, se produce mediante el uso de una prensa de tubería de exclusión en caliente o un laminado en frío con un mandril que tiene una superficie exterior en la que porciones convexas correspondientes a las partes inferiores del tubo y las porciones cóncavas correspondientes a las nervaduras del tubo se forman a lo largo de una dirección paralela al eje del mandril. A continuación, se agrega trabajo de torsión al tubo con nervaduras rectas intratubulares, lo que da como resultado tubos con nervaduras en espiral intratubulares.

(b) Un tubo con nervaduras en espiral intratubular, en el que la altura de las nervaduras es uniforme en la dirección longitudinal del tubo, se produce utilizando una máquina de tubería de tipo de estirado en frío con un tapón que tiene una superficie exterior en la que las partes convexas corresponden a las partes inferiores del tubo y las porciones cóncavas correspondientes a las nervaduras del tubo están formadas en forma de espiral.

(c) Un tubo con nervaduras en espiral intratubulares se produce mediante soldadura por depósito para formar nervaduras en la superficie interna del tubo.

Entre los métodos descritos anteriormente, el método de producción, en el que las nervaduras en espiral se forman por el trabajo de torsión después de formar las nervaduras por la exclusión en caliente, permite producir productos largos en comparación con un caso en el que el tubo es producido por la metalurgia de polvos o la fundición centrífuga, o un caso cuando las nervaduras son producidas por la soldadura de depósito. En este método, no es necesario conectar un tubo con otro tubo soldando incluso cuando se necesita producir un tubo de más de 10 m. Además, dado que el tubo producido por este método consiste en el mismo material en una parte de nervadura y en un tubo madre, el tubo tiene la ventaja de tener propiedades mucho mejores, como resistencia a la corrosión, resistencia a alta temperatura o similares en comparación con el tubo con nervaduras intratubulares producidas por soldadura de depósito utilizando diferentes materiales. Además, el tubo es adecuado para el uso que requiere resistencia a altas temperaturas, resistencia a la corrosión o resistencia a la carburación, por ejemplo, en una reacción de pirólisis de hidrocarburos, o similares.

En el método de formar las nervaduras por extrusión en caliente, si la altura de las nervaduras es demasiado alta, las nervaduras pueden extruirse no suficientemente a lo largo de la forma del mandril. Por lo tanto, dada la altura de la nervadura no se puede obtener en alguna parte. Por lo tanto, en el método de extrusión en caliente, la forma de las nervaduras a formar está limitada, y las nervaduras demasiado altas no son deseables.

3. Material de un tubo.

Cuando se requiere una resistencia superior a la carburación o coquización, es favorable un tubo con la siguiente composición química, que tenga buena resistencia a altas temperaturas y suficiente trabajabilidad en caliente, además de resistencias superiores a la carburación y coquización. Tenga en cuenta que, "%", en relación con el contenido del componente, significa "% en masa".

(1) Un tubo metálico con una composición química que consiste en: C: 0.01 a 0.6%, Si: 0.01 a 5%, Mn: 0.1 a 10%, P: menor o igual que 0.08%, S: menor o igual que 0.05%, Cr: 15 a 55%, Ni: 20 a 70%, N: 0.001 a 0.25%, y equilibrio de Fe e impurezas.

(2) Un tubo metálico que además consiste en al menos uno o más elementos seleccionados de al menos uno o más grupos seleccionados de (i) a (vi) además de los componentes químicos descritos anteriormente.

(i) Uno o dos elementos seleccionados de Cu: 0.01 a 5% y Co: 0.01 a 5%.

(ii) Uno o más elementos seleccionados de Mo: 0.01 a 3%, W: 0.01 a 6% y Ta: 0.01 a 6%.

(iii) Uno o dos elementos seleccionados de Ti: 0.01 a 1% y Nb: 0.01 a 2%.

(iv) Uno o más elementos seleccionados de B: 0.001 a 0.1%, Zr: 0.001 a 0.1% y Hf: 0.001 a 0.5%.

(v) Uno o más elementos seleccionados de Mg: 0.0005 a 0.1%, Ca: 0.0005 a 0.1% y Al: 0.001 a 5%.

(vi) Uno o más elementos seleccionados de elementos de tierras raras (REM) de 0.0005 a 0.15%.

La eficacia de la composición química descrita anteriormente de cada elemento se describe a continuación, con sus razones de limitación.

C: 0.01 a 0.6%

C es un elemento efectivo para mantener la resistencia a altas temperaturas, cuando el contenido es mayor o igual a 0.01%. Por el contrario, dado que la tenacidad se deteriora notablemente con la adición de más del 0,6%, el límite superior es del 0,6%. El contenido favorable es de 0.02% a 0.45%, y la región de contenido más favorable es de 0.02% a 0.3%.

Si: 0.01 a 5%

Si es necesario como elemento desoxidante. Además, el Si es un elemento eficaz para mejorar las resistencias a la oxidación y carburación. Para obtener este efecto, se necesita un contenido de no menos del 0.01%. Sin embargo, al agregar más del 5%, la soldabilidad se deteriora y la microestructura es inestable, por lo que el límite superior es del 5%. El contenido favorable es de 0.1 a 3%, y la región más favorable es de 0.3 a 2%.

Mn: 0.1 a 10%

Se agrega Mn para mejorar la capacidad de trabajo, además del papel de un desoxidante. Para obtener estos efectos, se necesita un contenido mayor o igual al 0.1%. Además, dado que Mn es un elemento formador de austenita, una parte de Ni puede reemplazarse por Mn. Sin embargo, una adición excesiva de Mn conduce al deterioro de la trabajabilidad. Así, el límite superior es del 10%. El contenido favorable es de 0.1 a 5%, y la región más favorable es de 0.1 a 2%.

P: menor o igual que 0.08%, S: menor o igual que 0.05%

P y S deterioran la trabajabilidad en caliente por su segregación a los límites de grano, y favorablemente, los contenidos deben reducirse lo más bajo posible. Sin embargo, la reducción excesiva de los contenidos de P y S aumenta el coste en el proceso de producción. Por lo tanto, el contenido de P es menor o igual al 0.08% y el contenido de S es menor o igual al 0.05%. Favorablemente, los contenidos de P y S deben ser menores o iguales a 0.05% y 0.03%, respectivamente. Más favorablemente, los contenidos de P y S deben ser menores o iguales a 0.04% y 0.015%, respectivamente.

Cr: 15 a 55%

El Cr es un elemento esencial para obtener resistencia a la oxidación, y se necesita un contenido de más o igual al 15%. Aunque el contenido de Cr debería aumentarse favorablemente lo más alto posible, desde los puntos de vista de la resistencia a la oxidación y la resistencia a la carburación, la adición excesiva conduce al deterioro de la trabajabilidad o a una microestructura inestable durante el uso a altas temperaturas. Así, el límite superior es del 55%. Con el fin de prevenir las desventajas descritas anteriormente del deterioro de la trabajabilidad y la microestructura inestable a altas temperaturas, el límite superior debe ser favorablemente del 35%. Más favorablemente, la región de contenido es de 20 a 33%.

Ni: 20 a 70%

Se necesita Ni para obtener la microestructura austenítica estable, es necesario un contenido de 20 a 70% correspondiente al contenido de Cr. Sin embargo, como la adición excesiva conduce a problemas en el proceso de fabricación y aumenta el coste, la región favorable es de 20 a 60%, y la región más favorable es de 23 a 50%.

N: 0.001 a 0.25%

Ni es un elemento eficaz para la mejora de la resistencia a altas temperaturas. Para lograr este efecto, se necesita un contenido de más o igual a 0.001%. Por el contrario, dado que una adición excesiva deteriora significativamente la capacidad de trabajo, el límite superior se regula en 0,25%. El contenido favorable de N es de 0.001 a 0.2%.

En la presente invención, uno o más elementos mostrados a continuación pueden estar contenidos.

Uno o dos elementos seleccionados de Cu: 0.01 a 5% y Co: 0.01 a 5%

Cobre y Co como un estabilizador de austenita mejora la resistencia a altas temperaturas, y puede contener cada elemento de más o igual al 0.01%. Por el contrario, cuando el contenido de cada elemento supera el 5%, la trabajabilidad en caliente se deteriora notablemente. Por lo tanto, la región de contenido de cada elemento se regula de 0.01 a 5%. La región favorable para cada elemento es de 0.01 a 3%.

Uno o más elementos seleccionados de Mo: 0.01 a 3%, W: 0.01 a 6% y Ta: 0.01 a 6%

Mo, W y Ta son elementos efectivos como elementos de refuerzo de solución sólida para mejorar la resistencia a altas temperaturas, y el efecto se puede obtener cuando el contenido de cada elemento es mayor o igual al 0.01%. Sin embargo, como la adición excesiva conduce a deterioros en la capacidad de trabajo y en la estabilidad de la microestructura a altas temperaturas, Mo, W y Ta deben controlarse para que sean menores o iguales al 3%, 6% y 6%, respectivamente. La región de contenido favorable de cada Mo, W y Ta es de 0.01 a 2.5%, y más favorablemente de 0.01 a 2%.

Uno o dos elementos seleccionados de Ti: 0.01 a 1% y Nb: 0.01 a 2%

Ti y Nb son elementos útiles para efectos de mejora marcados en resistencia a la temperatura alta, ductilidad y tenacidad, incluso con una pequeña cantidad adicional. Estos efectos no se pueden obtener cuando el contenido de cada elemento es inferior al 0,01%. Además, cuando un contenido de Ti es más del 1% o cuando un contenido de Nb es más del 2%, la capacidad de trabajo o la soldabilidad se deteriora.

Uno o más elementos seleccionados de B: 0.001 a 0.1%, Zr: 0.001 a 0.1% y Hf: 0.001 a 0.5%

B, Zr y Hf son elementos efectivos para fortalecer el límite del grano y para mejorar la trabajabilidad en caliente y la resistencia a altas temperaturas. Sin embargo, los efectos no se pueden obtener cuando el contenido de cada elemento es inferior al 0,001%. Por el contrario, dado que la adición excesiva conduce a un deterioro en la soldabilidad, los contenidos de B, Zr y Hf están regulados para que sean de 0.001 a 0.1%, de 0.001 a 0.1% y de 0.001 a 0.5%, respectivamente.

Uno o más elementos seleccionados de Mg: 0.0005 a 0.1%, Ca: 0.0005 a 0.1% y Al: 0.001 a 5%

Cada elemento de Mg, Ca y Al es efectivo para mejorar la trabajabilidad en caliente, y el efecto se puede obtener cuando cada contenido de Mg, Ca y Al es mayor o igual al 0.0005%, 0.0005% y 0.001%, respectivamente. Además, el Al puede introducir un efecto de mejora notable para la resistencia a la carburación de un tubo metálico, ya que las escamas oxidadas que consisten principalmente en Cr y Al se forman bajo las circunstancias de carburación. Para este propósito, la adición de Al superior o igual a 1.5% es efectiva. Por el contrario, la adición excesiva de Mg y Ca deteriora la soldabilidad, por lo tanto, el límite superior de cada elemento se regula para que sea del 0,1%. Además, la adición excesiva de Al de más del 5% introduce la formación de compuestos intermetálicos dentro de la aleación, lo que conduce a deterioros en la tenacidad o en la ductilidad de fluencia.

La región de contenido favorable de Mg y Ca es de 0,0008 a 0,05%, y el contenido de Al favorable para mejorar la resistencia a la carburación es de 2 a 4%.

Uno o más elementos seleccionados de elementos de tierras raras (REM) de 0.0005 a 0.15%

Los elementos de tierras raras son efectivos para mejorar la resistencia a la oxidación, pero el efecto no se puede obtener cuando el contenido de cada elemento es inferior al 0,0005%. Por el contrario, dado que la adición excesiva conduce a un deterioro en la capacidad de trabajo, el límite superior del contenido se regula en un 0,15%. Tenga en cuenta que, REM es un término colectivo que muestra 17 elementos de clase que incluyen Sc, Y y 15 elementos de lantanoide. Entre ellos, uno o más elementos seleccionados de Y, La, Ce y Nd deben ser utilizados favorablemente.

4. Ejemplo de producción de un tubo con nervaduras intratubulares.

Un tubo con 3 nervaduras rectas en su superficie interna y un tubo con 4 nervaduras rectas en su superficie interna se producen a partir de tochos huecos que tienen composiciones químicas mostradas en la tabla 5 mediante extrusión en caliente utilizando el mandril provisto de concavo-convexo correspondiente a la forma de las nervaduras. Después de ablandar el tratamiento térmico de los tubos a 1150°C, los tubos se deformaron por torsión con un ángulo de inclinación de 27° con respecto al eje del tubo, y finalmente los tubos se trataron con un procesamiento de producto en el que los tubos se enfriaron en agua después del tratamiento de calentamiento a 1230°C durante 3 minutos. En consecuencia, los tubos con nervaduras en espiral que tienen las dimensiones que se muestran en la tabla 6 se obtienen, la figura 5 ilustra copias de fotografías, que muestran la sección transversal de los tubos. Como se muestra en la figura, nunca se ha visto astillado en la parte superior de las nervaduras o agrietamiento en la parte inferior de la nervadura.

[Tabla 5]

Tabla 5

(Composición química de una muestra de acero, % en masa, Balance: Fe e impurezas).											
C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Ti	B	Al	N
0.11	1.45	0.38	0.014	0.0003	23.9	38.3	1.05	0.45	0.0021	0.017	0.0112

[Tabla 6]

Tabla 6

Longitud del tubo	10000mm	
Diámetro exterior del tubo, D _o	56.6mm	
Diámetro interior en la parte inferior de la nervadura, D _i	44.6mm	
Diámetro interior en la parte superior de la nervadura, D _m	34.4mm	
Número de nervaduras	3	4
Ángulo de inclinación de la nervadura	27°	27°

(grado)		
Dimensión de la nervadura	Altura, h: 5.5mm	Altura, h: 5.5mm
	Ancho en la parte inferior, w: 12.5mm	Ancho en la parte inferior, w: 12.5mm

[Aplicabilidad industrial]

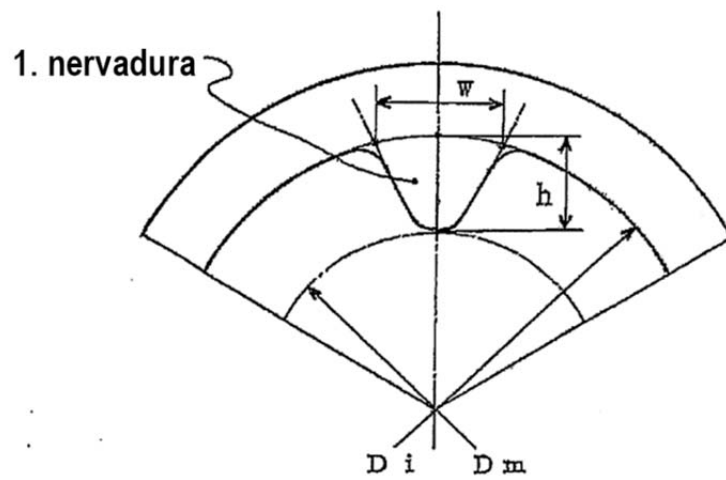
5 Un tubo metálico para la reacción de pirólisis en la presente invención puede mejorar el rendimiento de producción de olenfinas tales como hidrocarburos con baja energía debido a las características superiores tanto de las reacciones de intercambio de calor como las de pirólisis. Además, el tubo metálico en la presente invención puede mejorar la tasa de operación del aparato de producción debido a una buena resistencia a la coquización. Por lo tanto, el tubo metálico en la presente invención se puede usar no solo para producir olenfinas tales como etileno,

10

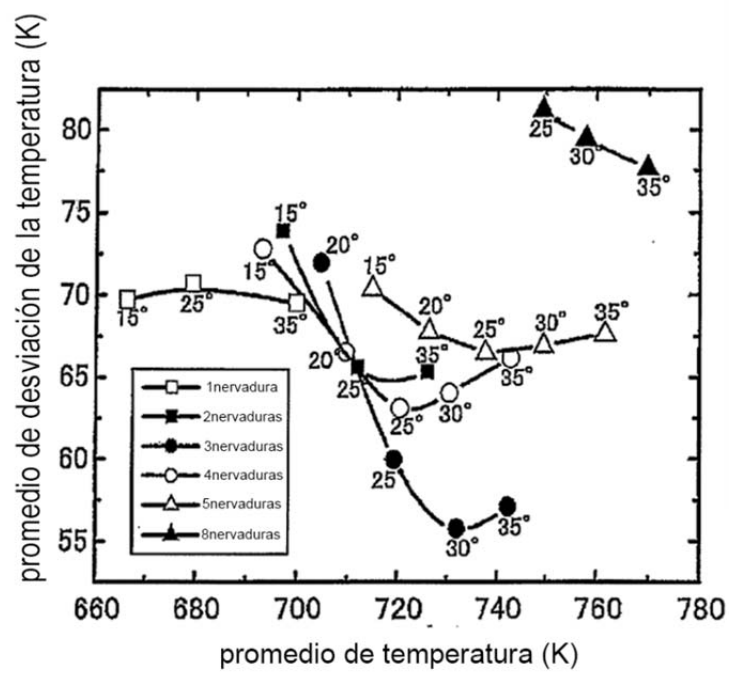
REIVINDICACIONES

- 5 1. Un tubo metálico para la reacción de pirólisis que comprende nervaduras en espiral provistas en una superficie interior del tubo metálico y las nervaduras en espiral que tienen una inclinación de 20 a 35 grados con respecto a una dirección axial del tubo metálico; caracterizado porque el tubo metálico comprende solo 3 o 4 de dichas nervaduras en espiral; en donde h/D_i de 0.1 a 0.2 y h/w de 0.25 a 1.0 cuando una altura de cada nervadura en espiral se define como "h", una anchura de cada nervadura en espiral en su parte inferior se define como "w" y un diámetro interno del tubo metálico en la parte inferior se define como " D_i " en la sección transversal de cada nervadura en espiral.
- 10 2. El tubo metálico para reacción de pirólisis de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque una forma de sección transversal de cada nervadura es una isósceles triangular.
- 15 3. El tubo metálico para la reacción de pirólisis de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, caracterizado porque las nervaduras en espiral están formadas integralmente con un cuerpo de tubo por extrusión en caliente.
- 20 4. El tubo metálico para una reacción de pirólisis de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque el tubo metálico es un tubo que se utiliza para un proceso de sección de pirólisis de hidrocarburos.

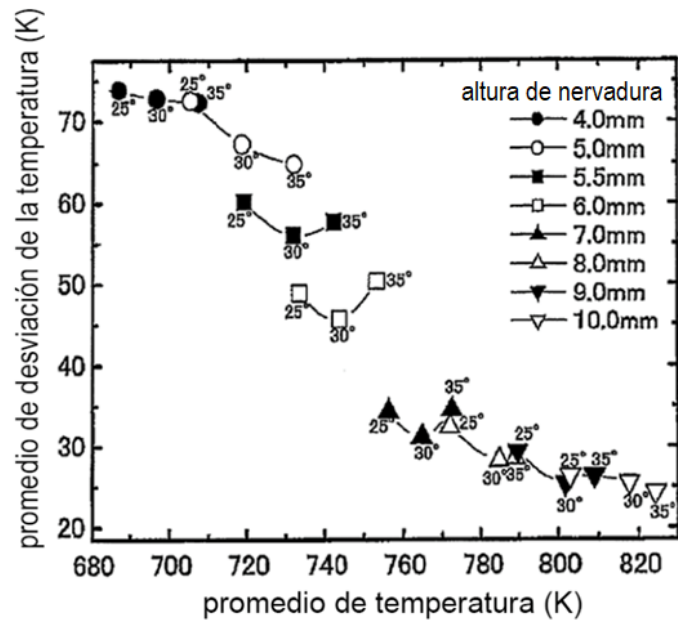
[Figura 1]



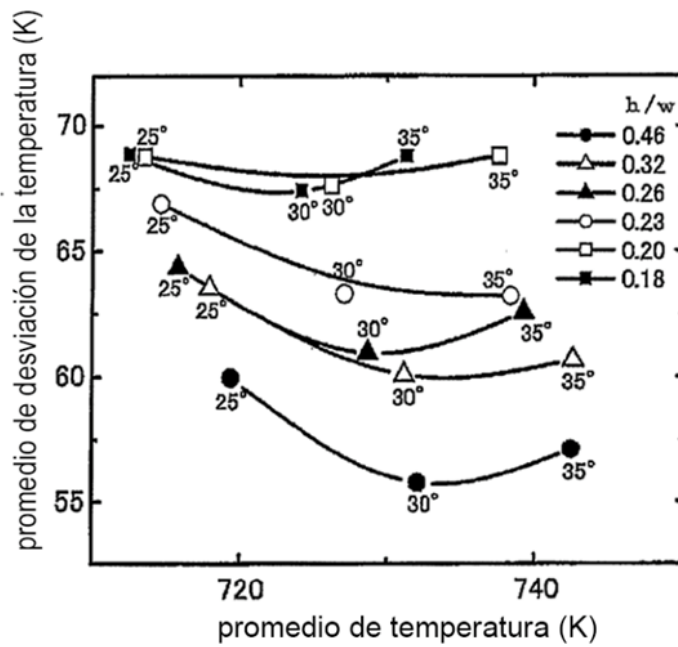
[Figura 2]



[Figura 3]



[Figura 4]



[Figura 5]

