

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 668 358**

51 Int. Cl.:

C22C 38/00 (2006.01)

C21D 8/10 (2006.01)

C21D 9/08 (2006.01)

C21D 9/14 (2006.01)

F02M 61/16 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.04.2007 PCT/JP2007/057949**

87 Fecha y número de publicación internacional: **25.10.2007 WO07119734**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.04.2007 E 07741385 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.04.2018 EP 2022866**

54 Título: **Tubería de acero a modo de tubería de inyección de combustible**

30 Prioridad:

13.04.2006 JP 2006110471

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

17.05.2018

73 Titular/es:

**USUI KOKUSAI SANGYO KAISHA, LTD. (50.0%)
131-2, Nagasawa, Shimizu-cho
Sunto-gun, Shizuoka 411-8610, JP y
NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL
CORPORATION (50.0%)**

72 Inventor/es:

**ASADA, KIKUO;
ENDO, OSAMU;
NAGAO, KATSUNORI y
HITOSHIO, KEISUKE**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 668 358 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

Tubería de acero a modo de tubería de inyección de combustible

Campo técnico

5 La presente invención se refiere a una tubería de acero utilizada para inyectar combustible en una cámara de combustión, y más particularmente a una tubería de acero a modo de tubería de inyección de combustible para suministrar gotículas de combustible en las cámaras de combustión de los motores diésel.

Antecedentes de la técnica

10 Se están tomando importantes medidas para prevenir el agotamiento futuro de los recursos energéticos, que incluyen actividades para fomentar el ahorro de energía y el reciclaje de recursos, y el desarrollo de la tecnología para hacer que estas actividades sean posibles. En los últimos años, con el fin de evitar el calentamiento global, en todo el mundo se está realizando un importante esfuerzo para reducir las emisiones de CO₂ que se producen por la combustión de los combustibles.

15 Los ejemplos de motores de combustión interna con bajas emisiones de CO₂ incluyen los motores diésel usados en los automóviles. Sin embargo, a pesar de que las emisiones de CO₂ son bajas, el motor diésel tiene el problema de la emisión de humo negro. El humo negro se produce cuando no hay suficiente oxígeno para el combustible que está siendo inyectado. Es decir, se produce una reacción de deshidrogenación debida a la descomposición térmica parcial del combustible, produciéndose un precursor del humo negro. Este precursor se descompone térmicamente de nuevo, y se aglomera y fusiona, dando lugar al humo negro. Este humo negro provoca la contaminación del aire y afecta negativamente al cuerpo humano.

20 El aumento de la presión de inyección del combustible inyectado en la cámara de combustión de los motores diésel puede disminuir el humo negro. Sin embargo, esto requiere que la tubería de acero utilizada para la inyección de combustible tenga una alta resistencia a la fatiga. Los ejemplos de invenciones relacionadas con el método para producir una tubería de acero para este tipo de inyección de combustible incluyen lo siguiente.

25 El documento de patente 1 describe un método para producir una tubería de acero para la inyección de combustible en los motores diésel donde la superficie interior del material de una tubería de acero sin soldadura, laminado en caliente, se tornea y se pule mediante granallado, y se somete luego a un estirado en frío. El uso de este método de producción reduce en hasta 0,10 mm la profundidad de los defectos (irregularidades, costras, grietas diminutas, etc.) en la superficie interior de la tubería de acero, y aumenta por lo tanto la resistencia de la tubería de acero usada para la inyección de combustible.

30 [Documento de patente 1] JP H09-57329A

Aunque la tubería de acero para la inyección de combustible producida mediante el método descrito en el documento de patente 1 tiene una alta resistencia, la longevidad a la fatiga no se corresponde con la resistencia de la tubería de acero. El aumento de la resistencia del material de la tubería de acero permite aumentar la carga de presión en el lado interior de la tubería de acero. Sin embargo, la resistencia del material de la tubería de acero no es el único parámetro que determina la presión interna (en lo sucesivo denominada como "límite de presión interna"), que sirve como el límite por debajo del cual no se produce fatiga cuando se aplica presión en el lado interior de la tubería de acero. En otras palabras, el límite de presión interna deseado o más elevado no se puede obtener únicamente aumentando la resistencia del material de la tubería de acero. Preferiblemente, la longevidad a la fatiga es tan larga como sea posible, teniendo en cuenta la fiabilidad del producto final, pero si el límite de presión interna es bajo, entonces, la tubería de acero estará sometida a fatiga en las aplicaciones con una alta presión interna, dando lugar a la reducción de la longevidad a la fatiga.

40 Por otra parte, en la patente EP-1528114 se suprimen las inclusiones no metálicas gruesas en las tuberías de acero de inyección de combustible. La patente JP 07102317 también describe una composición de acero pobre para una tubería con inclusiones no metálicas finas.

45 Descripción de la invención

Problemas a ser resueltos por la invención.

Un objetivo de la presente invención es proporcionar una tubería de acero altamente fiable a modo de tubería de inyección de combustible con una prolongada longevidad a la fatiga, mediante la mejora de la resistencia del material, mientras que se mantiene un alto límite de presión interna.

50 Medios para resolver los problemas.

Para resolver los problemas mencionados anteriormente, para la presente invención se hizo un estudio detallado de la relación entre la resistencia a la tracción del material de la tubería de acero y el límite de presión interna de la tubería de acero. Específicamente, se preparó una pluralidad de tuberías de acero con materiales de diversas

composiciones, y de este modo con diversas resistencias a la tracción, con el fin de examinar la relación entre la resistencia a la tracción y el límite de presión interna. Durante el examen del límite de presión interna, algunas de las tuberías de acero experimentaron rotura por fatiga, y también se examinaron las partes dañadas.

5 Los resultados del examen revelaron que cuando las tuberías de acero compuestas por materiales con sustancialmente la misma resistencia a la tracción, a saber por debajo de 500 N/mm², tienen diferentes límites de presión interna, entonces los daños adoptan la misma forma, mientras que cuando las tuberías de acero compuestas por materiales con sustancialmente la misma resistencia a la tracción, a saber igual o superior a 500 N/mm², tienen diferentes límites de presión interna, entonces los daños adoptan formas diferentes dependiendo del nivel del límite de presión interna.

10 Más específicamente, cuando la resistencia a la tracción del material de la tubería de acero es 500 N/mm² o superior, la tubería de acero con un límite de presión interna relativamente grande presenta unos daños con una forma similar a la de los daños encontrados cuando la resistencia a la tracción es inferior a 500 N/mm². Para una tubería de acero con un límite de presión interna relativamente pequeño, la fractura se origina en las inclusiones presentes en las proximidades de la superficie interior de la tubería de acero, lo que indica que se puede aumentar el límite de presión interna suprimiendo estas inclusiones.

15 La presente invención, según se describe en las reivindicaciones 1 y 2, se completó en base a los hallazgos descritos anteriormente, y se resume mediante la tubería de acero a modo de tubería de inyección de combustible descrita a continuación (1).

20 (1) Una tubería de acero a modo de tubería de inyección de combustible con una resistencia a la tracción de 500 N/mm² o mayor, que comprende, en masa, C: 0,12 a 0,27%, Si: 0,05 a 0,40%, y Mn: 0,8 a 2,0%, y siendo el resto Fe e impurezas, siendo el contenido de Ca, P y S en las impurezas Ca: 0,001% o menos, P: 0,02% o menos y S: 0,01% o menos, respectivamente, que se caracteriza por que el diámetro máximo de las inclusiones no metálicas del tipo A, B o C, presentes en al menos una zona que se extiende desde la superficie interior de la tubería de acero hasta una profundidad de 20 µm, es 20 µm o menos.

25 La tubería de acero a modo de tubería de inyección de combustible descrita en (1) preferiblemente contiene, en lugar de una parte de Fe, al menos un elemento seleccionado entre Cr: 1% o menos, Mo: 1% o menos, Ti: 0,04% o menos, Nb: 0,04% o menos, y V: 0,1% o menos.

Efecto de la invención.

30 La tubería de acero de la presente invención encuentra aplicaciones en el suministro de combustible a las cámaras de combustión de los motores diésel. El uso de esta tubería de acero permite aumentar la presión de inyección de combustible a las cámaras de combustión, permitiendo de ese modo una reducción de las emisiones de humo negro, al tiempo que se reducen las emisiones de CO₂.

El mejor modo para llevar a cabo la invención

35 Como se usa en la presente memoria, la tubería de acero a modo de tubería de inyección de combustible se refiere a una tubería de acero que está sometida a una repetida aplicación de presión en su superficie interior debida a la inyección de combustible. En algunos casos, en la superficie interior se aplica una presión extremadamente alta durante un corto período de tiempo, mientras que en otros casos en la superficie interior se aplica constantemente una presión alta, con niveles que fluctúan ocasionalmente. Los impactos asociados provocan en el material una fatiga extremadamente grande. La tubería de acero a modo de tubería de inyección de combustible de la presente invención tiene propiedades ante la fatiga capaces incluso de soportar suficientemente estas aplicaciones sometidas a alta presión.

45 Los ejemplos de aplicaciones de la tubería de acero a modo de tubería de inyección de combustible de la presente invención incluyen los motores diésel que emplean un sistema de inyección de combustible del tipo de acumulación de presión, donde la tubería de acero se conecta desde la bomba de combustible al colector común y, desde allí, a la boquilla de inyección, con el fin de conducir el combustible a su través.

50 Como se describió anteriormente, en los motores diésel el combustible se debe inyectar a una presión extremadamente alta para suprimir las emisiones de humo negro, y por lo tanto la superficie interior de la tubería de acero a modo de tubería de inyección de combustible debe ser capaz de soportar esta presión. Se apreciará fácilmente que aunque la tubería de acero de la presente invención se desarrolló para las tuberías de inyección de combustible usadas en los motores diésel, los cuales están sometidos a una alta presión interna, la tubería de acero también se puede usar para la inyección de combustible en los motores de gasolina del tipo de inyección directa.

55 La tubería de acero a modo de tubería de inyección de combustible de la presente invención requiere que el material de la tubería de acero tenga una resistencia a la tracción de 500 N/mm² o superior. Como se describió anteriormente, dado que la tubería de acero a modo de tubería de inyección de combustible está sometida a una alta presión interna, el material de la tubería de acero debe tener un nivel sustancial de resistencia a la tracción. La resistencia a la tracción de la tubería de acero a modo de tubería de inyección de combustible de la presente

invención se fija en 500 N/mm² o superior, porque con este valor de la resistencia a la tracción es capaz de soportar suficientemente la presión aplicada por el combustible presurizado en el lado interior de la tubería de acero, y porque la resistencia a la tracción de 500 N/mm² sirve como el límite por encima o por debajo del cual cambia la forma de los daños de rotura por fatiga.

- 5 La forma de los daños se describirá en detalle en la sección de ejemplos, que se describe más adelante, con referencia a unos ejemplos específicos. Cuando las tuberías de acero tienen sustancialmente una misma resistencia a la tracción igual o superior a 500 N/mm², el nivel del límite de presión interna varía dependiendo de la forma del daño. En el caso en que la forma del daño se origine en una inclusión, el límite de presión interna no aumenta con relación a la resistencia a la tracción. La presente invención puede aumentar el límite de presión interna con relación a la resistencia a la tracción mediante el cumplimiento de otras exigencias.

10 En la tubería de acero a modo de tubería de inyección de combustible de la presente invención, el diámetro máximo de las inclusiones no metálicas en las proximidades de la superficie interior de la tubería de acero debe estar dentro de los 20 µm. El término inclusión no metálica es la inclusión definida mediante 3131 en el "Glosario de términos usados en el hierro y el acero" de la norma JIS G0202. La precipitación de la inclusión no metálica se determina mediante la composición de la tubería de acero y el método de producción, y la presencia de precipitación se puede confirmar mediante el método de ensayo microscópico para inclusiones no metálicas en el acero especificado en la norma JIS G0555; después de cortar la tubería de acero para obtener una sección transversal y de pulirla, la superficie pulida se observa con un microscopio óptico.

15 En la tubería de acero a modo de tubería de inyección de combustible de la presente invención, el diámetro máximo, que es el diámetro de la mayor inclusión no metálica entre las numerosas inclusiones no metálicas precipitadas, debe ser 20 µm o menos. Esto se debe a que cuando este diámetro máximo supera 20 µm cambia la forma de la rotura por fatiga, de modo que las inclusiones no metálicas con un diámetro máximo superior a 20 µm se convierten en el punto de partida de la rotura por fatiga, lo que reduce la resistencia a la fatiga, en otras palabras, el límite de presión interna.

20 Dado que las inclusiones no metálicas no siempre tienen forma esférica, el diámetro máximo de las inclusiones no metálicas se define como $(L+S)/2$, donde L indica la longitud de la inclusión equivalente al diámetro en el sentido longitudinal, y S indica la longitud de la inclusión equivalente al diámetro más corto. El diámetro máximo de las inclusiones no metálicas debe ser 20 µm o menos, al menos en la zona que se extiende desde la superficie interior de la tubería de acero, que está sometida a una presión alta, hasta una profundidad de 20 µm. Fuera de esta zona, las inclusiones no metálicas con un diámetro máximo superior a 20 µm no se convierten en un punto de partida de rotura por fatiga.

25 Con el fin de reducir el diámetro máximo de las inclusiones del tipo A, el contenido de S en la tubería de acero se puede fijar en 0,01% o menos, en masa. Con el fin de reducir el diámetro máximo de las inclusiones del tipo B, se puede aumentar el área de la sección transversal de la pieza que es colada. Esto se debe a que durante la colada antes de la solidificación, las inclusiones grandes flotan. El área de la sección transversal de la pieza colada es preferiblemente 200.000 mm² o más.

30 Con el fin de reducir el diámetro máximo de las inclusiones del tipo C, se puede reducir el contenido de Ca en la tubería de acero. Para este fin, el contenido de Ca en la tubería de acero a modo de tubería de inyección de combustible de la presente invención es 0,001% o menos, en masa. Dado que el Ca tiene el efecto de coagular las inclusiones del tipo C, la limitación del contenido de Ca impide que las inclusiones del tipo C se vuelvan grandes, lo que ayuda a evitar los efectos adversos de las inclusiones del tipo C.

35 Con independencia de si se trata de inclusiones del tipo A, del tipo B o del tipo C, la reducción de la velocidad de colada (por ejemplo, para una colada continua, una velocidad de colada de 0,5 m/minuto) hace que las inclusiones no metálicas ligeras se queden en suspensión en el acero en forma de escoria, de manera que se pueden reducir en el acero estas inclusiones no metálicas.

40 La tubería de acero a modo de tubería de inyección de combustible de la presente invención contiene C, Si y Mn. A continuación se describe la operación y la razón para limitar el contenido de estos elementos en la tubería de acero a modo de tubería de inyección de combustible de la presente invención. En la siguiente descripción, "%" para el contenido de un componente significa "% en masa".

50 C: 0,12 a 0,27%

El C es preferible para mejorar la resistencia del material de la tubería de acero. Para mejorar la resistencia se requiere un contenido de C de 0,12% o más. Sin embargo, cuando el contenido de C supera 0,27%, la trabajabilidad disminuye y el conformado en forma de tubería de acero se vuelve difícil. El contenido de C es más preferiblemente 0,12 a 0,2%.

55 Si: 0,05 a 0,40%

El Si es preferible para desoxidar el material de la tubería de acero. Para garantizar el efecto desoxidante se

requiere un contenido de Si de 0,05% o más. Sin embargo, cuando el contenido de Si supera 0,40%, la tenacidad puede empeorar.

Mn: 0,8 a 2.0%

- 5 El Mn es preferible para mejorar la resistencia del material de la tubería de acero. Para mejorar la resistencia se requiere un contenido de Mn de 0,8% o más. Sin embargo, un contenido de Mn superior a 2,0% fomenta la segregación y en ocasiones provoca que la tenacidad empeore.

La composición de una tubería de acero de la presente invención, además de los elementos anteriores, también incluye, como resto, Fe e impurezas. Sin embargo, el Ca en las impurezas debe ser 0,001% o menos, como se describió anteriormente, y el P y el S se deben limitar como se describe a continuación.

- 10 P: 0,02% o menos, S: 0,01% o menos

Tanto el P como el S son elementos de las impurezas que afectan negativamente a la trabajabilidad en caliente y a la tenacidad y, por lo tanto, el contenido de P y el contenido de S en el acero son preferiblemente tan bajos como sea posible. Cuando el contenido de P supera 0,02% o el contenido de S supera 0,01%, el empeoramiento de la trabajabilidad en caliente y de la tenacidad es notable.

- 15 Otra tubería de acero de la presente invención, además de los componentes anteriores, contiene al menos un elemento seleccionado entre los componentes descritos a continuación.

Cr: 1% o menos

- 20 El Cr no es esencial pero es preferible debido a sus efectos de mejora de la templabilidad y de la resistencia a la abrasión. Para obtener estos efectos, el contenido de Cr es preferiblemente 0,3% o más. Sin embargo, cuando el contenido de Cr supera 1% se genera bainita en grandes cantidades y la tenacidad empeora.

Mo: 1% o menos

De manera similar, el Mo no es esencial, pero es preferible debido a sus efectos de mejora tanto de la tenacidad como de la templabilidad. Para obtener estos efectos, el contenido de Mo es preferiblemente 0,03% o más. Sin embargo, cuando el contenido de Mo supera 1% se genera bainita en grandes cantidades y la tenacidad empeora.

- 25 Ti: 0,04% o menos

El Ti no es esencial, pero es preferible debido a sus efectos de mejora de la resistencia y de la tenacidad. Para obtener estos efectos, el contenido de Ti es preferiblemente 0,005% o más. Sin embargo, cuando el contenido de Ti supera 0,04%, en la tubería de acero se forman inclusiones de compuestos de nitrógeno, y la tenacidad empeora. El contenido de Ti es más preferiblemente 0,01 a 0,04%.

- 30 Nb: 0,04% o menos

El Nb no es esencial, pero es preferible debido a sus efectos de mejora de la resistencia y de la tenacidad. Para obtener estos efectos, el contenido de Nb es preferiblemente 0,005% o más. Sin embargo, cuando el contenido de Nb supera 0,04%, en la tubería de acero se forman inclusiones de compuestos de nitrógeno, y la tenacidad empeora. El contenido de Nb es más preferiblemente 0,01 a 0,04%.

- 35 V: 0,1% o menos

El V no es esencial, pero es preferible debido a sus efectos de mejora de la resistencia. Para obtener este efecto, el contenido de V es preferiblemente 0,01% o más. Sin embargo, cuando el contenido de V supera 0,1%, la tenacidad empeora.

Ejemplos

- 40 Para confirmar los efectos de la presente invención, se produjeron diez probetas de ensayo con las composiciones químicas mostradas en la Tabla 1. Cada probeta de ensayo se coló en continuo a la velocidad de colada respectiva y con el área de sección transversal de colada respectiva mostradas en la Tabla 2, y se sometió a un punzonado y laminado Mannesmann, un laminado con estiramiento mediante un laminador de mandril, y una calibración mediante un reductor de estirado, formando de este modo una tubería de 34 mm de diámetro exterior y 25 mm de diámetro interior. Para estirar esta tubería conformada en caliente, primeramente el extremo de la tubería se estampó en caliente y se recubrió con lubricante. Luego, la tubería se estiró usando una matriz y un mandril, se redujo gradualmente el diámetro de la tubería, se torneó y se pulió la superficie interior de la tubería, y como procedimiento de acabado se llevó a cabo un procedimiento de reducción del diámetro para producir una tubería de acero de 6,4 mm de diámetro exterior y 3,0 mm de diámetro interior. Luego, como procedimiento final, se llevó a cabo un tratamiento térmico de tal manera que estas tuberías de acero se transfirieron a un horno de recocido mantenido a una temperatura de 1.000°C, se retuvieron allí durante 20 minutos y luego se dejaron enfriar.
- 50

ES 2 668 358 T3

Tabla 1

Nº de la probeta de ensayo	Composiciones químicas (% en masa, resto: Fe e impurezas)											Observaciones
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ti	Nb	V	Ca	
1	0,17	0,31	1,38	0,014	0,005	0,06	0,01	0,020	-	0,07	0,0027	Comparativo
2	0,17	0,31	1,38	0,014	0,005	0,06	0,01	0,020	-	0,07	0,0003	Invencción
3	0,18	0,30	1,40	0,013	0,006	0,08	0,02	0,007	-	0,08	0,0032	Comparativo
4	0,18	0,30	1,40	0,013	0,006	0,08	0,02	0,007	-	0,08	0,0008	Invencción
5	0,19	0,32	1,36	0,016	0,006	0,05	0,19	0,018	0,033	0,06	0,0027	Comparativo
6	0,19	0,32	1,36	0,016	0,006	0,05	0,19	0,018	0,033	0,06	0,0001	Invencción
7	0,11	0,19	0,61	0,009	0,002	0,02	-	-	-	-	0,0030	Comparativo
8	0,11	0,23	0,64	0,015	0,005	0,01	-	-	-	-	0,0035	Comparativo
9	0,19	0,25	1,31	0,011	0,013	0,04	0,19	0,020	0,030	0,06	0,0002	Comparativo
10	0,19	0,25	1,31	0,011	0,013	0,04	0,19	0,020	0,030	0,06	0,0012	Comparativo

Tabla 2

Nº de la probeta de ensayo	Clasificación	Velocidad de colada (m/min)	Área de la sección transversal de colada (mm ²)	Diámetro máximo de las inclusiones (µm)			Resistencia a la tracción (N/mm ²)	Límite de presión interna (MPa)	Condición de rotura por fatiga
				Tipo A	Tipo B	Tipo C			
1	Comparativo	2,3	28.000	-	18	33	560	190	Rotura por fatiga desde la superficie interior de la tubería debida a una inclusión del tipo C como punto de partida.
2	Invencción	0,5	220.000		9	18	549	200	Rotura por fatiga desde la superficie interior de la tubería
3	Comparativo	2,3	28.000	1	22	32	637	210	Rotura por fatiga desde la superficie interior de la tubería debida a una inclusión del tipo C como punto de partida.
4	Invencción	0,5	220.000	2	5	11	641	235	Rotura por fatiga desde la superficie interior de la tubería
5	Comparativo	2,3	28.000	-	25	38	720	230	Rotura por fatiga desde la superficie

									interior de la tubería debida a una inclusión del tipo C como punto de partida.
6	Invencción	0,5	220.000	-	7	9	724	255	Rotura por fatiga desde la superficie interior de la tubería
7	Comparativo	0,5	220.000	-	-	12	410	160	Rotura por fatiga desde la superficie interior de la tubería
8	Comparativo	2,3	28.000	-	20	40	412	150	Rotura por fatiga desde la superficie interior de la tubería
9	Comparativo	0,5	220.000	25	6	7	711	210	Rotura por fatiga desde la superficie interior de la tubería debida a una inclusión del tipo A como punto de partida
10	Comparativo	2,3	28.000	2	30	15	721	215	Rotura por fatiga desde la superficie interior de la tubería debida a una inclusión del tipo B como punto de partida

5 A modo de muestra, se cortó una parte de cada probeta de ensayo, que se trató hasta el tamaño de probeta de ensayo estipulado en la norma JIS como probeta de ensayo N° 11, y se sometió a un ensayo de tracción. Esta muestra se observó mediante un microscopio óptico en la zona correspondiente a la zona que se extiende desde la superficie interior de la tubería de acero hasta una profundidad de 20 µm, y se examinaron las inclusiones precipitadas.

10 La Tabla 2 muestra las resistencias a la tracción de las probetas de ensayo y el diámetro máximo de las inclusiones. Las numeraciones de la Tabla 2 se corresponden con las de la Tabla 1. Las probetas de ensayo con los números 1, 3 y 5 contenían más Ca que las probetas de ensayo con los números 2, 4 y 6, respectivamente. La Tabla 2 muestra que mientras que las probetas con los números 1 y 2, 3 y 4, y 5 y 6 tenían sustancialmente las mismas resistencias a la tracción, el diámetro máximo de las inclusiones del tipo C era mayor en las probetas con los números 1, 3 y 5, que tenían un contenido de Ca mayor, que en las probetas de ensayo con los números 2, 4 y 6, respectivamente. Además, en la probeta con el número 9 el diámetro máximo de las inclusiones del tipo A era grande, y en la probeta con el número 10 el diámetro máximo de las inclusiones del tipo B era grande.

15 Cada probeta de ensayo se sometió a un ensayo de fatiga donde se aplicó presión al lado interior de la tubería de acero. En el ensayo de fatiga, la presión interna mínima fue 18 MPa, la aplicación de presión fue tal que la carga adoptó la forma de una onda sinusoidal a lo largo del tiempo, y como límite de presión interna se asumió la presión interna máxima a la que no se observó fractura con 10⁷ repeticiones. Cuando se produjo una fractura, se observó la parte rota mediante un microscopio óptico.

20 La Tabla 2 muestra los límites de presión interna de las probetas de ensayo y las condiciones de fractura. También en este caso, el límite de presión interna fue menor en las probetas de ensayo con los números 1, 3 y 5, que tenían un contenido de Ca mayor, que en las probetas con los números 2, 4 y 6, respectivamente. Para las condiciones de fractura, la rotura por fatiga tuvo lugar desde la superficie interior de cada tubería de acero, que estaba sometida a la

5 presión más alta. Sin embargo, en las probetas de ensayo con los números 1, 3 y 5, a diferencia de las probetas de ensayo con los números 2, 4 y 6, la fractura se originó en las inclusiones del tipo C presentes en la zona que se extiende desde la superficie interior de cada tubería de acero hasta una profundidad de 20 μm . Además, en la probeta de ensayo con el número 9, la rotura por fatiga se originó en las inclusiones del tipo A presentes en la zona que se extiende desde la superficie interior de la tubería de acero hasta una profundidad de 20 μm . Asimismo, en la probeta de ensayo con el número 10, la rotura por fatiga se originó en las inclusiones del tipo B presentes en la zona que se extiende desde la superficie interior de la tubería de acero hasta una profundidad de 20 μm .

10 Como resulta evidente a partir de los resultados de los ensayos anteriores, entre las probetas de ensayo con sustancialmente la misma resistencia a la tracción, las que minimizan el diámetro máximo de las inclusiones no metálicas pueden evitar la rotura por fatiga originada en las inclusiones no metálicas, elevando de ese modo el límite de presión interna.

Aplicabilidad industrial

15 La tubería de acero a modo de tubería de inyección de combustible de la presente invención impide la rotura por fatiga que se origina en las inclusiones no metálicas presentes en las proximidades de la superficie interior de la tubería de acero, y por lo tanto aumenta el límite de presión interna. Por lo tanto, la aplicación de esta tubería de acero como tubería de inyección de combustible, para suministrar combustible a las cámaras de combustión de los motores diésel, minimiza la fatiga, incluso a una presión de inyección de combustible en la cámara de combustión sustancialmente alta.

REIVINDICACIONES

1.- El uso de una tubería de acero, con una resistencia a la tracción de 500 N/mm^2 o mayor, a modo de tubería de inyección de combustible,

5 comprendiendo la tubería de acero, en masa, C: 0,12 a 0,27%, Si: 0,05 a 0,40%, Mn: 0,8 a 2,0%, y opcionalmente al menos un elemento seleccionado entre Cr: 1% o menos, Mo: 1% o menos, Ti: 0,04% o menos, Nb: 0,04% o menos, y V: 0,1% o menos, siendo el resto Fe e impurezas, siendo el contenido de Ca, P y S en las impurezas Ca: 0,001% o menos, P: 0,02% o menos, y S: 0,01% o menos, respectivamente,

10 que se caracteriza por que el diámetro máximo de las inclusiones no metálicas del tipo A, el tipo B o el tipo C, presentes en al menos una zona que se extiende desde la superficie interior de la tubería de acero hasta una profundidad de $20 \mu\text{m}$, es $20 \mu\text{m}$ o menos.

15 2.- Una tubería de inyección de combustible, que es una tubería de acero con una resistencia a la tracción de 500 N/mm^2 o mayor, que comprende, en masa, C: 0,12 a 0,27%, Si: 0,05 a 0,40%, Mn: 0,8 a 2,0%, y opcionalmente al menos un elemento seleccionado entre Cr: 1% o menos, Mo: 1% o menos, Ti: 0,04% o menos, Nb: 0,04% o menos, y V: 0,1% o menos, siendo el resto Fe e impurezas, siendo el contenido de Ca, P y S en las impurezas Ca: 0,001% o menos, P: 0,02% o menos, y S: 0,01% o menos, respectivamente,

que se caracteriza por que el diámetro máximo de las inclusiones no metálicas del tipo A, el tipo B o el tipo C, presentes al menos en una zona que se extiende desde la superficie interior de la tubería de acero hasta una profundidad de $20 \mu\text{m}$, es $20 \mu\text{m}$ o menos.