

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 712 501**

51 Int. Cl.:

F02M 55/02 (2006.01)
C21D 6/00 (2006.01)
F16L 9/02 (2006.01)
F16L 9/19 (2006.01)
C21D 8/10 (2006.01)
C21D 9/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.06.2008 PCT/JP2008/061856**

87 Fecha y número de publicación internacional: **15.01.2009 WO09008281**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.06.2008 E 08777707 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.11.2018 EP 2177745**

54 Título: **Tubería de acero para tubería de inyección de combustible, uso y método de fabricación de la misma**

30 Prioridad:

10.07.2007 JP 2007180409

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

13.05.2019

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**USUI, SHOICHIRO y
NAGAO, KATSUNORI**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 712 501 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 para tubería de inyección de combustible, uso y método de fabricación de la misma

5 Campo técnico

La presente invención se refiere a una tubería de acero para tubería de inyección de combustible, y a un método de fabricación de la misma, que tiene una resistencia a tracción no menor de 900 N/mm² y se utiliza para inyectar un combustible en una cámara de combustión. Más concretamente, se refiere a una tubería de acero para tubería de inyección de combustible, y a un método de fabricación de la misma, que tiene una resistencia a la fatiga de presión interna excelente y se utiliza para suministrar una vaporización de combustible en una cámara de combustión de un motor diésel.

Técnica antecedente

15 Con el fin de tratar con la el futuro agotamiento de energía, se están extendiendo las campañas para promover el ahorro de energía y para el reciclado de recursos así como el desarrollo de técnicas para realizar estos fines. Especialmente en los últimos años, se ha deseado de manera muy intensa, como un esfuerzo global, reducir la emisión de CO₂ resultado del quemado de combustible con el fin de evitar el calentamiento global.

20 Un ejemplo de un motor de combustión interna con menos emisión de CO₂ es un motor diésel utilizado para vehículos de motor y similares. Incluso con menos emisión de CO₂, sin embargo, el motor diésel tiene el problema del humo negro descargado desde el motor. El humo negro se produce cuando el oxígeno es escaso con respecto al combustible inyectado. Específicamente, una parte del combustible descompuesto térmicamente produce una reacción de deshidrogenación que produce un precursor de humo negro, y este precursor se descompone térmicamente de nuevo y es aglutinado y unido para producir humo negro. El humo negro producido de esta manera produce contaminación de aire, y puede tener una influencia adversa en los seres humanos.

25 La cantidad de humo negro generado se puede reducir elevando la presión de inyección de combustible del combustible inyectado en la cámara de combustión del motor diésel. Para este fin, sin embargo, se requiere que la tubería de acero utilizada para la inyección de combustible tenga una elevada resistencia a la fatiga. Como método de fabricación para la tubería de acero utilizada para inyección de combustible, ha sido expuesta la siguiente invención.

30 El Documento de Patente 1 describe un método de fabricación para una tubería de acero utilizada para inyección de combustible de un motor diésel, en el que la superficie interior de la pieza de partida de tubería de acero sin junta laminada en caliente es molida mediante chorro abrasivo, y después se realiza la extrusión en frío. Este documento describe que utilizando este método de fabricación, la profundidad de una imperfección (irregularidades, fractura, la microfisura, y similares) sobre la superficie interior de la tubería de acero puede no ser más profunda que 0,10 mm, de manera que se puede conseguir una resistencia elevada de la tubería de acero utilizada para la inyección de combustible.

40 [Documento de Patente 1] JP9-57329A

Aunque tiene una elevada resistencia, la tubería de acero utilizada para inyección de combustible fabricada por el método descrito en el Documento de Patente 1 no tiene una vida de fatiga correspondiente a la resistencia del material de tubería de acero. Naturalmente, a medida que la resistencia del material de tubería de acero aumenta, la presión aplicada en el interior de la tubería de acero puede ser incrementada; una presión interna limitante (en lo que sigue, la denominada como "presión interna crítica"), dentro de la cual una fractura de vida fatiga no se produce sobre la superficie interna la tubería de acero cuando una presión es aplicada en el interior de la tubería de acero, no depende sólo de la resistencia del material de tubería de acero. Es decir, incluso si la resistencia del material de tubería de acero es incrementada, una presión interna crítica puede no ser obtenida como se espera. Considerando la fiabilidad o similar del producto final, es deseable una vida de fatiga más larga; a medida que la presión interna crítica se reduce, sin embargo, la vida de fatiga también se reduce debido a que la tubería de acero es propensa a fatigarse por el uso bajo presión interna elevada.

55 En particular, la tendencia reciente apunta a una presión interna más elevada; específicamente, se requiere que la tubería de acero tenga una resistencia a tracción no menor de 900 N/mm², y se desea una correspondiente mejora en las características de fatiga. Además, el documento EP 1528114 A1 describe la supresión de inclusiones no metálicas gruesas en una composición de acero para una tubería de inyección de combustible. El último documento perteneciente al Solicitante EP 2022866 A1 se refiere a un acero y a una tubería del mismo tipo de resistencia a tracción inferior.

60 Exposición de la Invención

Problemas a resolver por la Invención

65 Un objetivo de la presente invención es proporcionar una tubería de acero para tubería de inyección de combustible, y un método de fabricación de la tubería de acero, que asegure una vida de fatiga prolongada y elevada fiabilidad asegurando una presión interna crítica elevada a la vez que la resistencia de material aumenta. Más concretamente, un objeto de la misma es proporcionar una tubería de acero para tubería de inyección de combustible, y un método de

fabricación para la tubería de acero, que tenga una excelente resistencia a la fatiga de presión interna y una resistencia a tracción no menor que 900 N/mm².

Medios para resolver los problemas

5 Para resolver los problemas anteriormente mencionados, los presentes inventores han investigado intensamente la relación entre la resistencia a tracción del material de tubería de acero y la presión interna crítica de la tubería de acero. En primer lugar, cambiando la composición del material, fueron preparadas una pluralidad de tuberías de acero que tenían diferentes resistencias a tracción, y la relación entre la resistencia a tracción y la resistencia interna crítica fue investigada. También, para la tubería de acero fracturada por fatiga obtenida en el momento de la investigación de la presión interna crítica, fue investigada la parte rota de la misma.

15 Los resultados de las investigaciones anteriores revelaron que el caso de la resistencia a tracción del material de tubería de acero de menos de 500 N/mm², y las tuberías de acero hechas de materiales que tienen casi igual resistencia a tracción, se presentó la misma forma de rotura incluso si la presión interna crítica era diferente. Por el contrario, se obtuvo el conocimiento de que en el caso de que la resistencia a tracción del material de tubería de acero no fuera inferior a 500 N/mm², incluso las tuberías de acero hechas de materiales que tenían casi igual resistencia a tracción presentaban diferentes formas de rotura dependiendo de la magnitud de la presión interna crítica.

20 Es decir, en el caso de que la resistencia a tracción del material de tubería de acero sea no menor de 500 N/mm², la tubería de acero que tiene una presión interna crítica relativamente alta adopta la misma forma de rotura que en el caso que en el que la resistencia a tracción sea menor que 500 N/mm². Sin embargo, para la tubería de acero que tiene una presión interna crítica relativamente baja, la fractura se origina a partir de una inclusión presente cerca de la superficie interior de la tubería de acero; la generación de esta inclusión, por tanto, puede ser suprimida para elevar la presión interna crítica.

25 Incluso en el caso de que la resistencia a tracción del material de tubería de acero no sea menor que 900 N/mm², a lo que apunta la presente invención, si la tubería de acero tiene una presión interna crítica relativamente baja, la fractura se origina a partir de una inclusión presente cerca de la superficie interior de la tubería de acero; la generación de esta inclusión, por tanto, puede ser suprimida para elevar la presión interna crítica.

30 La presente invención como está definida en las reivindicaciones 1 a 6 fue completada sobre el conocimiento descrito anteriormente, y lo esencial en la misma son las tuberías de acero para tubería de acero de combustible descritas en el apartado (2), el uso de la misma descrita en el apartado (1) y los métodos de fabricación de la misma a descritos en los apartados (3) a (6). A continuación, estos apartados son denominados respectivamente "presente invención 1" a "presente invención 6". Colectivamente, los apartados son a veces denominados "la presente invención".

40 (1) Uso de una tubería de acero para tubería de inyección de combustible, estando formada la tubería de acero de, porcentaje en masa, C: 0,12 a 0,27%, Si: 0,05 a 0,40%, Mn: 0,8 a 2,0%, y opcionalmente uno o más tipos de 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, y conteniendo las impurezas Ca: 0,001% o menos, P: 0,02% o menos, and S: 0,01% o menos, en donde la resistencia a tracción de la misma es no menor que 900 N/mm², y el diámetro máximo de las inclusiones no metálicas de tipo A, de tipo B, o de tipo C presentes durante al menos 20 μm de profundidad desde la superficie interna de la tubería de acero no es mayor que 20 μm.

45 (2) Una tubería de inyección de combustible que es una tubería de acero formada por, porcentaje en masa, C: 0,12 a 0,27%, Si: 0,05 a 0,40%, Mn: 0,8 a 2,0%, y opcionalmente uno o más tipos de 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, conteniendo las impurezas Ca: 0,001% o menos, P: 0,02% o menos, y S: 0,01% o menos, el donde la resistencia a tracción de la misma es no menor que 900 N/mm², y el diámetro máximo de las inclusiones no metálicas de tipo A, de tipo B, o de tipo C presentes durante al menos 20 μm de profundidad desde la superficie interna de la tubería de acero no es mayor que 20 μm.

50 (3) Un método de fabricación para una tubería de acero para tubería de inyección de combustible, que comprende las etapas de enfriar rápidamente una tubería de acero que tiene la composición química como se define más adelante, en donde la condición de enfriamiento rápido es tal que la tubería es calentada hasta una temperatura de enfriamiento rápido no menor que el punto de transformación Ac₃ y es enfriada rápidamente, y templar la tubería de acero enfriada rápidamente hasta una temperatura no mayor que el punto de transformación Ac₁, en donde el enfriamiento rápido y el templado son realizados después que una extrusión en frío final se haya realizado, la composición química de la tubería de acero compuesta por, porcentaje en masa, C: 0,12 0,27%, Si: 0,05 0,40%, Mn: 0,8 a 2,0%, y opcionalmente uno o más tipos de 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, conteniendo las impurezas Ca: 0,001% o menos, P: 0,02% o menos, y S: 0,01% o menos.

55 (4) El método de fabricación para una tubería de acero para tubería de inyección de combustible de acuerdo con el apartado (3) anterior, en donde la temperatura de enfriamiento rápido es no menor que [punto de transformación Ac₃+ 30°C] y no mayor que 1150° C.

60 (5) El método de fabricación para una tubería de acero para tubería de inyección de combustible de acuerdo con el apartado (3) o (4) anterior, en donde el calentamiento a la temperatura de enfriamiento rápido se realiza a una velocidad de calentamiento no menor que 10° C/segundo.

(6) El método de fabricación para una tubería de acero para tubería de inyección de combustible de acuerdo con uno cualquiera de los apartados (3) a (5) anteriores, en donde la temperatura de templado es no menor que 600° C y no mayor que 650° C.

5 Ventajas de la Invención

La tubería de acero de acuerdo con la presente invención, que tiene una resistencia a tracción no menor que 900 N/mm², es adecuada para ser utilizada en una aplicación de, por ejemplo, suministrar combustible a la cámara de combustión de un motor diésel. El uso de esta tubería de acero puede aumentar la presión de inyección del combustible inyectado en la cámara de combustión, de manera que la emisión de humo negro se puede reducir a la vez que se reduce la emisión de CO₂.

Mejor modo de realizar la Invención

La tubería de acero para tubería de inyección de combustible de acuerdo con la presente invención se refiere a una tubería de acero, cuya superficie interior está sometida repetidamente a presiones creadas por la inyección del combustible. En algunos casos, se aplica una presión extremadamente alta en la superficie interior de la tubería de acero durante un periodo de tiempo corto, o en otros casos, una elevada presión actúa constantemente, y está presión fluctúa. Por lo tanto, el material está extremadamente sometidos a fatiga por el impacto de la presión. La tubería de acero para la tubería de inyección de combustible de acuerdo con la presente invención tiene características de fatiga capaces de resistir de manera suficiente una aplicación bajo tales condiciones.

Ejemplos de tuberías de acero para tubería de inyección de combustible, utilizados en la práctica, de acuerdo con la presente invención incluyen una tubería de acero que está situada entre una bomba de combustible y un raíl común o entre el raíl común y una boquilla de inyección en un motor diésel que emplea un sistema de inyección de combustible acumulador para conducir un combustible.

En el motor diésel, con el fin de suprimir la generación de humo negro como se ha descrito anteriormente, la inyección de combustible debe ser realizada a una presión extremadamente alta; la superficie interior de la tubería de acero para tubería de inyección de combustible, por tanto, debe resistir esta presión. La tubería de acero de acuerdo con la presente invención ha sido desarrollada como una tubería de acero para tubería de inyección de combustible utilizada por un motor diésel sometida a una elevada presión interna, y no es necesario decir, que puede ser utilizada también como una tubería de acero para tubería de inyección de combustible utilizada para un motor de gasolina de inyección directa y similar.

Para la tubería de acero para tubería de inyección de combustible de acuerdo con la presente invención, la resistencia a tracción del material de tubería de acero debe ser no menor que 900 N/mm². Como se ha descrito anteriormente, dado que se aplica una elevada presión interna en la tubería de acero para tubería de inyección de combustible, se requiere que la tubería de acero resista esta presión interna; desde el punto de vista del peso ligero, sin embargo, la tubería de acero debe tener una elevada resistencia a tracción. La razón por la cual la resistencia a tracción de la tubería de acero para tubería de inyección de combustible que acuerdo con la presente invención está definida como no menor que 900 N/mm² es porque en este valor representa una resistencia a tracción capaz de resistir fácilmente la presión aplicada al interior de la tubería de acero por un combustible a presión, esto es, si se consigue esta resistencia a tracción, una tubería el acero para tubería de inyección de combustible que tenga excelentes características de fatiga puede ser fácilmente proporcionada.

Al igual que la forma de rotura descrita anteriormente está descrita con detalle en los párrafos de los ejemplos expuestos más adelante con referencia los ejemplos específicos, la magnitud de la presión interna crítica depende entre la forma de rotura cuando la resistencia a tracción es casi equivalente, incluso si la resistencia a tracción es no menor que 900 N/mm². En el caso en el que la forma de rotura se origine partir de una inclusión, la presión interna crítica no aumenta en comparación con la resistencia a tracción. En la presente invención, mediante el uso de una pieza inicial de tubería de acero que tiene la composición de aleación de acero regulada a un rango específico y el tamaño de la inclusión no metálica descrita anteriormente restringida a un rango específico, incluso si la resistencia a tracción es no menor que 900 N/mm², es proporcionada una tubería de acero para tubería de inyección de combustible que tiene una presión interna crítica más elevada que la de la técnica anterior.

A continuación, la tubería de acero para tubería de inyección de combustible y el método de fabricación para la tubería de acero de acuerdo con la presente invención se explican con detalle desde los puntos de vista de (1) inclusión no metálica, (2) composición química del acero, y (3) fabricación del acero y tratamiento de calor.

(1) inclusión no metálica

Para la tubería de acero para tubería de inyección de combustible de acuerdo con la presente invención, es necesario que el diámetro máximo de una inclusión a metálica presente cerca la superficie interior de la tubería de acero (en al menos 20 μm de profundidad desde la superficie interior de la tubería de acero) sea no mayor que 20 μm. La inclusión no metálica se refiere a una inclusión definida por 3131 en "Glossary of Terms Used in Iron and Steel" de JIS G0202. La precipitación de inclusión no metálica está determinada por la composición química y el método de fabricación de la tubería de acero, y la presencia de la precipitación puede ser confirmada cortando la tubería acero, puliendo la sección transversal de la misma, y observando la superficie pulida con un microscopio óptico de acuerdo con el método de

ensayo de microscopio para inclusión no metálica de acero especificado que en JIS G0555.

5 Para la tubería de acero para tubería de inyección de combustible de acuerdo con la presente invención, el diámetro de una inclusión no metálica grande entre numerosas inclusiones no metálicas precipitadas, esto es, el máximo diámetro no debe ser mayor que 20 μm . Esto es debido a que, si el diámetro máximo de la inclusión no metálica excede 20 μm , la forma de la fractura partida cambia, y la inclusión no metálica con el diámetro máximo superan 20 μm se convierte en el punto de inicio de la fractura por fatiga, que disminuye la resistencia a fatiga, es decir, la presión interna crítica.

10 La inclusión no metálica no siempre está presente en forma de esfera. Por lo tanto, el máximo diámetro del inclusión no metálica se define como $(L+S)/2$, en donde L es la longitud correspondiente al diámetro mayor de la inclusión, y S es la longitud correspondiente al diámetro menor de la misma. También, el máximo diámetro de inclusión no metálica sólo necesita ser no mayor que 20 μm durante al menos 20 μm de profundidad desde la superficie interior de la tubería de acero sometida a una elevada presión, mientras que en otras partes, la inclusión no metálica con el diámetro máximo que supere 20 μm no se convertirá en el punto de inicio de la fractura por fatiga.

15 El diámetro máximo de inclusiones de tipo A se puede reducir por medio de la reducción del contenido de S en la tubería de acero a 0,01 % en masa o menos. El diámetro máximo de inclusiones por qué tipo B se puede reducir incrementando el área de sección transversal de la pieza fundida en el momento de la fundición. Esto es debido que durante el tiempo desde la fundición a la solidificación las inclusiones más grandes flotan. El área de sección transversal de la pieza fundida en el momento de la fundición es de manera deseable 200.000 mm^2 o mayor.

20 El diámetro máximo de las inclusiones de tipo C se puede reducir reduciendo el contenido de Ca en la tubería de acero. Para este fin, el contenido de Ca en la tubería de acero para tubería de inyección de combustible de acuerdo con la presente invención es de 0,001 % en masa o menos. Dado que el Ca tiene una función de aglomeración de inclusiones de tipo C, la restricción de contenido en Ca puede evitar que las inclusiones de tipo C se hagan grandes, y se puede evitar la influencia adversa de las inclusiones de tipo C.

25 Independientemente de si el tipo de inclusión es A, B o C, una velocidad de fundición reducida (por ejemplo, una velocidad de fundición de aproximadamente 0,5 m/min puede ser utilizada en fundición continua) puede conducir a la inclusiones no metálica reducidas en acero por medio de la flotación de inclusiones no metálicas de peso ligero como escoria.

(2) Composición química del acero

35 La tubería acero para tubería de inyección de combustible de acuerdo con la presente invención contiene C, Si y Mn. A continuación, se explica la acción de estos elementos contenidos en la tubería de acero para la tubería de inyección de combustible de acuerdo con la presente invención y la razón de restringir el contenido de los mismos. En la descripción siguiente, el porcentaje del contenido está expresado en porcentaje en masa.

C: 0,12 a 0,27%

40 El C (carbono) mejora la resistencia del material de tubería de acero. Para mejorar la resistencia, el contenido de C debe ser 0,12 % o superior. Sin embargo, si el contenido de C supera el 0,27 %, la trabajabilidad se deteriora, y es difícil conformar el material de tubería de acero en una tubería de acero. El contenido de C es más preferiblemente de 0,12 a 0,2 %.

45 Si: 0,05 a 0,40%

El Si (silicio) está contenido para desoxidar el material de tubería de acero. Para asegurar el efecto de desoxidación, el contenido de Si debe ser del 0,05% o superior. Sin embargo, si el contenido de Si supera el 0,40%, la dureza puede disminuir.

50 Mn: 0,8 a 2,0%

El Mn (manganeso) está contenido para mejorar la resistencia del material de tubería de acero. Para mejorar la resistencia, el contenido de Mn debe ser del 0,8 % o superior. Sin embargo, si el contenido de Mn supera el 2,0 % se promueve la segregación, y puede disminuir la dureza.

55 Una de las tuberías de acero de acuerdo con la presente invención incluye Fe e impurezas como resto además de los elementos anteriormente descritos. Sin embargo, el contenido de Ca en las impurezas debe ser de 0,001% o menor como se ha descrito anteriormente, y los contenidos de P y S deben ser regulados como se describe más adelante.

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

60 Tanto el P (fósforo) como que el S (azufre) son elementos de impurezas que tienen una influencia adversa sobre la trabajabilidad en caliente y la dureza; los contenidos de P y S, por tanto, son preferiblemente tan bajos como sea posible. Si el contenido en P y el contenido en S exceden el 0,02 % y 0,01%, respectivamente, la trabajabilidad en caliente y la dureza disminuyen significativamente.

65 La tubería de acero para tubería de inyección de combustible de acuerdo con la presente invención puede contener un tipo o más tipos de los elementos descritos más adelante además de los elementos descritos anteriormente.

Cr: 1% o menos

5 El Cr (cromo) aunque no es un componente esencial, está preferiblemente contenido debido a que tiene el efecto de mejorar la dureza y la resistencia al desgaste. Para conseguir estos efectos, el contenido de Cr es preferiblemente 0,3 % o superior. Sin embargo, si el contenido de Cr excede el 1%, se producen una gran cantidad de bainita, con lo que disminuye la dureza.

Mo: 1% o menos

10 El Mo (molibdeno), aunque no es un componente esencial, está preferiblemente contenido debido a que tiene efectos de mejorar la dureza y la resistencia. Con el fin de conseguir estos efectos, el contenido de Mo es de manera deseable del 0,03% o superior. Sin embargo, si el contenido de Mo excede el 1%, se produce una gran cantidad de bainita, con lo que disminuye la dureza.

Ti: 0,04 % o menor

15 El Ti (titanio) aunque no es un componente esencial, está preferiblemente contenido debido a que tiene los efectos de mejorar la resistencia y la dureza. Para conseguir estos efectos, el contenido de Ti es de manera deseable del 0,005 % o mayor. Sin embargo, si el contenido de Ti excede el 0,04 %, se forman inclusiones de compuestos de nitrógeno en la tubería de acero, y la dureza disminuye. Por lo tanto, el contenido de Ti es más preferiblemente de 0,01 a 0,04 %.

Nb: 0,04 % o menos

20 El Nb (niobio), aunque tampoco es un componente esencial, está preferiblemente contenido debido a que tiene el efecto de mejorar la resistencia y la dureza. Para conseguir estos efectos, el contenido de Nb es de manera deseable del 0,005 % o superior. Sin embargo, si el contenido de Nb excede el 0,04 %, se forman inclusiones de compuestos de nitrógeno en la tubería de acero, y la dureza disminuye. Por lo tanto, el contenido de Nb es de manera más preferible entre el 0,01 y el 0,04 %.

V: 0,1% o menos

30 El V (vanadio), aunque tampoco es un componente esencial, está preferiblemente contenido debido a que tiene el efecto de mejorar la resistencia. Para conseguir este efecto, el contenido de V es de manera deseable del 0,01% o superior. Sin embargo, si el contenido de V excede el 0,1 %, la dureza disminuye.

(3) Fabricación de la tubería de tratamiento de calor

35 La tubería de acero para tubería de inyección de combustible de acuerdo con la presente invención se puede conseguir con características deseadas mediante la fabricación de la tubería y el tratamiento de calor realizados mediante el método descrito a continuación.

40 Por ejemplo, laminado penetrante y laminado de alargamiento son realizados mediante el proceso de fabricación de tubería de laminado de mandril Mannesmann, y una tubería es terminada en unas dimensiones acabadas en caliente predeterminadas mediante el dimensionado de reductor de estiramiento. Después, la extrusión en frío es repetida varias veces, con lo que se obtienen las dimensiones acabadas en frío predeterminadas. En la extrusión en frío, la tubería puede ser fácilmente enfriada y el templeado de liberación de esfuerzos realizado con antelación. Como el método de fabricación de tubería para la tubería de acero utilizado en la presente invención, desde el punto de vista la productividad, el proceso de fabricación de tubería de mandril Mannesmann es preferiblemente utilizado, aunque otros métodos de fabricación de tubería tales como el proceso de fabricación de tubería de laminado también puede ser utilizado.

Después de que la extrusión en frío final haya sido realizada, se realiza el tratamiento con calor del enfriamiento rápido y el templeado, con lo que se puede asegurar una resistencia a tracción no menor de 900 N/mm².

50 La condición de enfriamiento rápido consiste en que la tubería es calentada hasta una temperatura no menor que el punto de transformación Ac₃, y es rápidamente enfriada. La temperatura de calentamiento es preferiblemente [punto de transformación Ac₃ + 30° C] hasta 1150°C; en particular, en el caso que en el que el objetivo sea proporcionar una tubería de elevada resistencia, es preferible una temperatura de calentamiento no menor que 1000° C. Cuanto mayor sea la temperatura de calentamiento mayores son los resultados de resistencia. Si la temperatura de calentamiento es inferior a Ac₃, no se puede obtener la resistencia a tracción deseada. Por el contrario, si excede 1150° C, la precisión dimensional es reducida, lo que da lugar a una influencia adversa sobre la dureza y se deteriora la trabajabilidad. Para la tubería de acero para tuberías de inyección de combustible, el deterioro de la trabajabilidad es desfavorable debido a que es necesario el trabajado en plástico para conformar la parte de conexión a la que la tubería está conectada a un raíl común o a un inyector.

60 El método de calentamiento en el momento del enfriamiento rápido no se limita a uno cualquiera específico. Sin embargo, en una atmosfera no protectora, el calentamiento a elevada temperatura durante un largo periodo de tiempo aumenta la escala producida en la superficie que la tubería de acero, lo que conduce a una disminución en la precisión dimensional y en las propiedades superficiales; en el caso de calentamiento con horno tal como el calentamiento en un horno de desplazamiento continuo, por lo tanto, un tiempo de retención corto de aproximadamente 10 a 20 minutos es preferiblemente proporcionado. Desde el punto de vista de restringir la escala, como la atmósfera de calentamiento, son

preferibles una atmósfera en la que el potencial de oxidación es bajo y una atmósfera de reducción oxidante.

De manera deseable, si el método de calentamiento por inducción de elevada frecuencia o el método de calentamiento que lleva corriente directa es utilizado como sistema de calentamiento, el calentamiento de retención durante corto tiempo puede ser utilizado. Haciendo que la velocidad de calentamiento sea de aproximadamente 10°C/seg o más elevada, incluso en el calentamiento en el aire atmosférico, la escala producida sobre la superficie de la tubería de acero puede ser restringida a un mínimo.

En el enfriamiento en el momento del enfriamiento rápido, para obtener de forma fiable y estable una resistencia a tracción deseada no menor de 900 MPa, la tubería de acero debe ser enfriada hasta por debajo de 500°C, a una velocidad de enfriamiento de 10°C/seg o mayor entre 800° C y 500° C. El tratamiento de enfriamiento rápido tal como el enfriamiento rápido con agua es preferible.

La tubería de acero enfriada rápidamente hasta una temperatura normal debe ser templada a una temperatura mayor que el punto de transformación Ac₁, debido a que es dura y frágil en el estado enfriado rápidamente. Si la temperatura de templado es inferior a 450°C, el templado es insuficiente, dando lugar a dureza y trabajabilidad pobres. Si la temperatura de templado supera el punto de transformación Ac₁, se inicia la transformación, de manera que es difícil obtener características deseadas de forma estable y fiable. La temperatura de templado preferible es de 600° C a 650° C. Aunque el tiempo de mantenimiento a la temperatura de templado no se limita a uno específico, el tiempo de mantenimiento es normalmente de aproximadamente 10 a 120 minutos. Después de ser templada, la tubería de acero puede ser estirada apropiadamente utilizando un estirador o similar.

Ejemplo 1

Para confirmar los efectos de la presente invención, fueron preparadas once muestras de acero que tenían la composición química dada en la Tabla 1. Las muestras de acero fueron fundidas de forma continua a la velocidad de fundición y con el área de sección transversal de la pieza fundida en el momento de la fundición como se muestra en la Tabla 2, y sometidas a laminado penetrante Mannesmann, laminado de alargamiento de mandril, y dimensionamiento de reductor de resistencia, con lo que las piezas iniciales tenían cada una un diámetro exterior de 34 mm y un espesor de pared de 4,5 mm fueron producidos mediante trabajado en caliente. Para extruir cada una de estas piezas iniciales terminadas en caliente, primero, el borde delantero de la pieza inicial fue enrollado y fue aplicado un lubricante. Después, la extrusión en frío fue realizada utilizando una matriz y una clavija para reducir el diámetro de la pieza inicial gradualmente. Después de que la superficie interna de la pieza inicial fuera mecanizada y pulida, fue realizado el tratamiento de reducción de diámetro como un proceso de acabado, con lo que la pieza inicial fue de finalizada como una tubería de acero que tenía un diámetro exterior que 8,0 mm y un espesor de pared de 2.0 mm. Como proceso final, estas tuberías de acero fueron enfriadas rápidamente y templadas bajo las condiciones de tratamiento con calor descritas en la Tabla 2 para obtener 13 tipos de materiales de muestra. En la Tabla 2, que se refiere al calentamiento cuando hay enfriamiento rápido, la velocidad de calentamiento es de 12,5° C/seg en el caso de calentamiento de elevada frecuencia, y respecto al enfriamiento cuando se enfría rápidamente, la velocidad de enfriamiento es de 12,5° C/seg en el caso de calentamiento de elevada frecuencia y 2,5° C/seg en el caso de calentamiento en horno, respectivamente. Los materiales de muestra N° 3, 6 y 9 fueron recocidos no siendo enfriados rápidamente ni templados, como tratamiento con calor después del la extrusión, y los materiales de muestra N° 6 y 9 fueron obtenidos a partir de una barra de partida idéntica a la de los N° 5 y 8, respectivamente.

Tabla 1

Muestra de acero	Composición química (% en masa, el resto: Fe e impurezas)										
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ti	Nb	V	Ca
A	0,17	0,31	1,38	0,014	0,005	-	-	-	-	-	*0,0027
B	0,17	0,31	1,38	0,014	0,005	-	-	-	-	-	0,0003
C	0,17	0,31	1,38	0,014	0,005	0,06	0,01	0,020	-	0,07	0,0003
D	0,18	0,30	1,40	0,013	0,006	0,08	0,02	0,007	-	0,08	*0,0032
E	0,18	0,30	1,40	0,013	0,006	0,08	0,02	0,007	-	0,08	0,0008
F	0,19	0,32	1,36	0,016	0,006	0,05	0,19	0,018	0,033	0,06	*0,0027
G	0,19	0,32	1,36	0,016	0,006	0,05	0,19	0,018	0,033	0,06	0,0001
H	0,11	0,19	*0,61	0,009	0,002	0,02	-	-	-	-	0,0003
I	0,11	0,23	*0,64	0,015	0,005	0,01	-	-	-	-	*0,0036
J	0,19	0,25	1,31	0,011	*0,013	0,04	0,19	0,020	0,030	0,06	0,0002
K	0,19	0,29	1,33	0,011	0,006	0,05	0,18	0,019	0,036	0,06	0,0012

* fuera del campo de la invención

Tabla 2

Muestra de material	Muestra de acero	Velocidad de Fundición (m/min)	Área de sección transversal de pieza fundida (mm ²)	Condiciones de tratamiento con calor	Dinámetro máximo de las inclusiones (µm)			Resistencia a tracción (N/mm ²)	Presión interna crítica (MPa)	Estado de la parte fracturada
					Tipo A	Tipo B	Tipo C			
1	A	Comparativo	28.000	Mantenido a 1000°C x 10 min, enfriado rápidamente y templado a 550°C x 30min	2	*20	*32	950	220	Fractura de fatiga desde la superficie interna de la tubería originada a partir de inclusiones tipo C.
2	B	Invencción	22.000	Mantenido a 1000°C x 20 min en horno de recocido, y enfriado natural	-	8	16	945	265	Fractura de fatiga desde la superficie interna de la tubería.
3	C	Comparativo	220.000	Mantenido a 1000°C x 20 min en horno de recocido, y enfriado natural	-	9	18	*549	200	Fractura de fatiga desde la superficie interna de la tubería.
4	D	Comparativo	28.000	Calentado a elevada frecuencia a 1000 °C, enfriado rápidamente sin tiempo de mantenimiento, y templado a 625 °C x 10 mlh	-	*25	*34	915	240	Fractura de fatiga desde la superficie interna de la tubería originada a partir de inclusiones de tipo C.
5	E	invencción	220.000	Mantenido a 1000°C x 20 min en horno de recocido, y enfriado natural	1	7	10	523	260	Fractura de fatiga desde la superficie interna de la tubería.
6	E	Comparativo	220.000	Mantenido a 1000°C x 20 min en horno de recocido, y enfriado natural	2	5	11	*641	235	Fractura de fatiga desde la superficie interna de la tubería.
7	F	Comparativo	28.000	Mantenido a 1000°C x 10 min, enfriado rápidamente y templado a 550°C x 30min	-	*28	*33	980	245	Fractura de fatiga desde la superficie interna de la tubería originada a partir de inclusiones de tipo C.
8	G	Invencción	220.000	Mantenido a 1000°C x 20 min en horno de recocido, y enfriado natural	-	7	8	994	285	Fractura de fatiga desde la superficie interna de la tubería.
9	G	Comparativo	220.000	Mantenido a 1000°C x 20 min en horno de recocido, y enfriado natural	-	7	9	*724	255	Fractura de fatiga desde la superficie interna de la tubería.
10	H	Comparativo	220.000	Calentado a elevada frecuencia a 1000 °C, enfriado rápido sin tiempo de mantenimiento, y templado a 200 °C x 10 mlh	-	-	11	*505	185	Fractura de fatiga desde la superficie interna de la tubería.
11	I	Comparativo	28.000	Mantenido a 1000°C x 10 min, enfriado rápidamente y templado a 625°C x 30min	-	*23	*37	*495	180	Fractura de fatiga desde la superficie interna de la tubería.
12	J	Comparativo	220.000	Mantenido a 1000°C x 10 min, enfriado rápidamente y templado a 625°C x 30min	*23	5	6	992	245	Fractura de fatiga desde la superficie interna de la tubería originada a partir de inclusiones de tipo A.
13	K	Comparativo	28.000	Mantenido a 1000°C x 10 min, enfriado rápidamente y templado a 625°C x 30min	2	*32	*22	998	240	Fractura de fatiga desde la superficie interna de la tubería originada a partir de inclusiones de tipo B.

*fuera de la invencción

5 Una parte de la muestra de material, cada una de las cuales se describe anteriormente, fue cortada para obtener una muestra, y la muestra fue procesada a un tamaño de pieza de ensayo de tracción especificado como pieza de ensayo N° 11 en JIS, y fue realizado un ensayo de tracción. Para la muestra, una parte correspondiente al rango de 20 µm de profundidad desde la superficie interior de la tubería de acero fue observada con un microscopio óptico para investigar las inclusiones precipitadas.

10 La el Tabla 2 proporciona las resistencias a tracción de los materiales de muestra y los diámetros máximos de las inclusiones. Los materiales de muestra N° 1, 4, 7 y 11 contienen más Ca que el material de muestra N° 2, 3, 5, 6 y 8 a 10. La tabla 2 revela que el material de muestra N° 1 y 2, N° 4 y N° 5, y N° 7 y N° 8 respectivamente tienen aproximadamente igual resistencia a tracción, pero para el material de muestra N° 1, 4, y 7 que contienen más Ca, el diámetro máximo de las inclusiones de tipo C es mayor que para el material de muestra N° 2, 5 y 8. También, para el material de muestra N° 12, el diámetro máximo de las inclusiones de tipo A es grande, y para el material de muestra N° 10, el diámetro máximo de las inclusiones de tipo B es grande. Para el material de muestra N° 3, 6 y 9 sometido a recocido como condiciones de tratamiento con calor, el diámetro máximo de las inclusiones puede ser restringido, pero la resistencia a tracción es baja, y bastante alejada del valor objetivo de 900 MPa.

20 Además, en los materiales de muestra, el ensayo de fatiga fue realizado aplicando una presión en el interior de la tubería de acero. En el ensayo de fatiga, la presión interna más baja fue establecida en 18 MPa, y la presión interna más elevada a la que la fractura no se produce incluso cuando la presión es aplicada bajo una condición de carga de onda sinusoidal con respecto al tiempo y el ciclo de repetición alcanzan 10^7 ciclos fue definida como la presión interna crítica. Para el material de muestra fracturado, el estado de la parte fracturada fue confirmado con un microscopio óptico.

25 La Tabla 2 proporciona las presiones internas críticas y los estados de fractura de los materiales de muestra. Aquí también, el material de muestra N° 1, 4 y 7 que contiene más Ca tiene una presión interna crítica inferior al material de muestra N° 2, 5 y 8. Respecto al estado de fractura, la fractura por fatiga se origina desde la superficie interna de la tubería de acero sobre la que la presión es aplicada de forma más intensa; el material de muestra N° 1, 4 y 7, a diferencia del material de muestra N° 2, 5 y 8, la fractura por fatiga se origina a partir de las inclusiones de tipo C presentes en el rango de 20 µm de profundidad desde la superficie interior de la tubería de acero. También, para el material de muestra N° 12, la fractura por fatiga se origina a partir de las inclusiones de tipo A presentes en el intervalo de 20 µm de profundidad desde la superficie interior de la tubería de acero, y para el material de muestra N° 13, la fractura por fatiga se origina a partir de las inclusiones de tipo B presentes de manera similar en el intervalo de 20 µm de profundidad desde la superficie interna de la tubería de acero.

35 Como resulta evidente a partir de los resultados que ensayo descritos anteriormente, para el material de muestra que tiene una resistencia a tracción tan elevada como 900 MPa, manteniendo el diámetro máximo de las inclusiones no metálicas pequeño, la fractura de fatiga que se origina a partir de una inclusión puede ser evitada, y la presión interna crítica puede ser incrementada.

40 Ejemplo 2

Utilizando aceros de muestra C y G en la Tabla 1, fueron sometidos a fabricación de tubería en caliente y a tratamiento de reducción de diámetro mediante extrusión en frío en base al mismo método de fabricación que en el ejemplo 1 para obtener tuberías de acero acabadas teniendo cada una un diámetro exterior de 8,0 mm y un espesor de pared de 2,0 mm. Las tuberías de acero fueron tratadas con calor bajo distintas condiciones de enfriamiento rápido y templado, y las resistencias a tracción fueron comparadas mediante el ensayo a tracción. Los resultados del ensayo se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3

Muestra de material	Muestra de acero	Invención	Velocidad de Fundición (m/mm)	Área de sección transversal de pieza fundida (mm ²)	Condiciones de tratamiento con calor (Nota)	Velocidad de enfriamiento (°C/seg)	Temperatura de Templado	Resistencia a tracción (N/mm ²)
14	C	Invención	0,5	220.000	1100 °C mediante calentamiento de elevada frecuencia	100	625	945
15	C	Invención	0,5	220.000	1000 °C x 10 min	100	550	1018
16	C	Invención	0,5	220.000	920 °C x 10 min	100	625	932
17	C	Invención	0,5	220.000	850 °C x 10 min	100	625	921
18	C	Comparativo	0,5	220.000	920 °C x 10 min	100	725	725
19	C	Comparativo	0,5	220.000	800 °C x 10 min	100	625	690
20	C	Comparativo	0,5	220.000	1000 °C x 20 min	1	-	718
21	G	Invención	0,5	220.000	1000 °C x 20 min	100	525	1010
22	G	Invención	0,5	220.000	920 °C x 20 min	100	450	1210
23	G	Invención	0,5	220.000	850 °C x 20 min	100	450	1185

Nota: Solo la muestra de material Nº 20 fue tratada con calor y mantenida a 1000 °C y enfriada en abierto.
Otros Números de muestra de materiales fueron tratados con calor, mantenidos a la temperatura y tiempo indicados, enfriados rápidamente y templados.

Los materiales de muestra N° 14 a 17 y 21 a 23 fueron sometidos a enfriamiento rápido y fueron templados bajo las condiciones de fabricación de la presente invención, asegurando una resistencia a tracción no inferior a 900 N/mm^2 . Entre estos materiales de muestra, el N° 14 fue calentado a una velocidad de calentamiento de $12,5^\circ \text{ C/seg}$ mediante calentamiento de alta frecuencia, y el tiempo en remojo del mismo fue sustancialmente de 0 segundos. Por otra parte, los materiales de muestra N° 18 a 20 fueron tratados con calor sin el uso del método de fabricación de acuerdo con la presente invención, y las resistencias a tracción de los mismos fueron menores que 900 N/mm^2 . El material de muestra N° 20 fue enfriado gradualmente desde la temperatura de calentamiento. De los resultados de ensayo descritos anteriormente, se puede observar que si se utiliza el método de fabricación de acuerdo con la invención, se puede asegurar de forma estable una resistencia a tracción no menor que 900 N/mm^2 .

10 Aplicabilidad industrial

Para la tubería de acero para tubería de inyección de combustible de acuerdo con la presente invención, puede ser evitada la fractura por fatiga que se origina a partir de una inclusión no metálica presente cerca de la superficie interna de la tubería de acero, de manera que la presión interna crítica puede ser incrementada a la vez que se asegura una resistencia a tracción no menor que 900 N/mm^2 . Por lo tanto, cuando esta tubería de acero para tubería de inyección de combustible es utilizada como tubería de acero para suministrar un combustible a una cámara de combustión de motor diésel, la fatiga no se produce incluso aunque la presión de inyección de combustible suministrado a la cámara de combustión sea incrementada suficientemente.

REIVINDICACIONES

- 5 1. El uso de una tubería de acero para tubería de inyección de combustible, estando la tubería de acero formada por, porcentaje en masa C: 0,12 a 0,27%, Si: 0,05 a 0,40%, Mn: 0,8 a 2,0%, y opcionalmente uno o más tipos de 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, conteniendo las impurezas Ca: 0,001% o menos, P: 0,02% o menos, y S: 0,01% o menos, en donde la resistencia a tracción de la misma es no menor que 900 N/mm², y el diámetro máximo de las inclusiones no metálicas de tipo A, de tipo B, o de tipo C presentes durante al menos 20 µm de profundidad desde la superficie interna de la tubería de acero es no mayor de 20 µm.
- 10 2. Una tubería de inyección de combustible que es una tubería de acero formada por, porcentaje en masa C: 0,12 a 0,27%, Si: 0,05 a 0,40%, Mn: 0,8 a 2,0%, y opcionalmente uno o más tipos de 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, conteniendo las impurezas Ca: 0,001% o menos, P: 0,02% o menos, y S: 0,01% o menos, en donde la resistencia a tracción de la misma es no menor que 900 N/mm², y el diámetro máximo de las inclusiones no metálicas de tipo A, de tipo B, o de tipo C presentes durante al menos 20 µm de profundidad desde la superficie interna de la tubería de acero es no mayor de 20 µm.
- 15 3. Un método de fabricación para una tubería el acero para tubería de inyección de combustible, que comprende las etapas de enfriar rápidamente una tubería de acero que tiene la composición química como se define a continuación, en donde la condición de enfriamiento rápido es que la tubería sea calentada hasta una temperatura de enfriamiento rápido de no menos que el punto de transformación Ac₃ y sea rápidamente enfriada, y templar la tubería de acero que enfriada rápidamente a una temperatura no mayor que el punto de transformación Ac₁, en donde el enfriamiento rápido y el templado son realizados después de que se haya realizado una extrusión en frío final,
- 20 estando formada la composición química de la tubería de acero de, porcentaje en masa, C: 0,12 a 0,27%, Si: 0,05 a 0,40%, Mn: 0,8 a 2,0%, y opcionalmente uno o más tipos de 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, conteniendo las impurezas Ca: 0,001% o menos, P: 0,02% o menos, y S: 0,01% o menos.
- 25 4. El método de fabricación para una tubería de acero para tubería de inyección de combustible de acuerdo con la reivindicación 3, en donde la temperatura de enfriamiento rápido es no menor que [punto de transformación Ac₃ + 30° C] y no mayor que 1150° C.
- 30 5. El método de fabricación de una tubería de acero para tubería de inyección de combustible de acuerdo con las reivindicaciones 3 o 4, en donde el calentamiento hasta la temperatura de enfriamiento rápido se realiza a una velocidad de calentamiento no menor que 10° C/segundo.
- 35 6. El método de fabricación de una tubería de acero para tubería de inyección de combustible de acuerdo con las reivindicaciones 3 a 5, en donde la temperatura de templado es no menor que 600° C y no mayor que 650° C.
- 40