(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 605 739**

(51) Int. CI.:

C21D 8/10	(2006.01)	***C22C 38/22***	(2006.01)
C21D 9/08	(2006.01)	***C22C 38/24***	(2006.01)
C22C 38/00	(2006.01)	***C22C 38/26***	(2006.01)
C22C 38/32	(2006.01)		
C22C 38/54	(2006.01)		
B60R 21/26	(2006.01)		
C22C 38/02	(2006.01)		
C22C 38/04	(2006.01)		
C22C 38/06	(2006.01)		
C22C 38/20	(2006.01)		

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.05.2004 PCT/JP2004/007228**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **02.12.2004 WO04104255**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.05.2004 E 04734119 (3)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.11.2016 EP 1637619**

(54) Título: **Tuberías de acero para sistema de balón de protección y procedimiento para su fabricación**

(30) Prioridad:

21.05.2003 JP 2003143764

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
16.03.2017

(73) Titular/es:

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

(72) Inventor/es:

ARAI, YUJI y
KONDO, KUNIO

(74) Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

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

Tuberías de acero para sistema de balón de protección y procedimiento para su fabricación

Campo técnico

Esta invención se refiere a una tubería de acero, que es adecuado para su uso con un sistema de balón de protección y que tiene una alta resistencia a la tracción de al menos 1000 MPa, junto con una alta tenacidad. También se refiere a un método para la fabricación de dicho tubo de acero. En particular, la presente invención se refiere a una tubería de acero para un sistema de balón de protección y a un procedimiento para su fabricación, la tubería teniendo una alta resistencia y alta tenacidad en un grado tal que cuando una muestra de tubo que tiene un pequeño espesor de pared se somete a una prueba de ruptura de presión interna a -40 °C e incluso a -80 °C, que no se somete a la ruptura quebradiza.

Antecedentes

En los últimos años, se ha hecho mucho énfasis en la industria automotriz en la introducción de equipos para aumentar la seguridad de los vehículos. Un ejemplo de tal equipo es un sistema de balón de protección, lo que hace que un balón de protección sea inflado con gas entre los pasajeros y el volante de dirección, el tablero de instrumentos, u otras partes del interior del vehículo antes de que los pasajeros puedan tener un impacto con los mismos en el momento de una colisión y por lo tanto absorber la energía cinética de los pasajeros a fin de disminuir la probabilidad y gravedad de las lesiones.

Un sistema de balón de protección convencional emplea un explosivo químico para generar un gas para inflar un balón de protección. Sin embargo, debido a un deseo de una respuesta rápida de inflado del balón de protección y para el ajuste de la presión de un gas de inflado, otro tipo de sistema de balón de protección que emplea un gas acumulado en una tubería de acero a alta presión para inflar un balón de protección se ha desarrollado y está siendo empleado cada vez más.

Un sistema de balón de protección de este último tipo normalmente mantiene un gas de inflado a una presión alta en un acumulador. Cuando se produce una colisión, el gas de inflado en el acumulador se descarga de una sola vez en un balón de protección. Como resultado, una tubería de acero que se utiliza como un acumulador para el gas de inflado de alta presión se somete a estrés en un período muy corto de tiempo a una alta velocidad de deformación. Por lo tanto, a diferencia de un elemento estructural simple, como un cilindro de presión convencional o tuberías de conducción, la tubería de acero que se utiliza como el acumulador de gas de inflado en un sistema de este tipo balón de protección se requiere que tenga una alta precisión dimensional, facilidad de trabajo, y soldabilidad, y también deben tener una alta resistencia y excelente resistencia a la ruptura.

Una tubería de acero, que es adecuado para su uso con un sistema de balón de protección para formar un acumulador de gas de inflado y un método para su fabricación se describen en las siguientes solicitudes de patente japonesas publicadas: JP P10-140238A, JP P10-140249A, JP P10-140250A, JP P10-140283A, JP P10-212549A, JP P2002-294339A, JP P11-199929A, JP P2001-49343A y JP P2002-194501A.

Aunque las solicitudes de patente antes mencionadas tienen por objeto proporcionar una tubería de acero de alta tenacidad, de alta resistencia adecuada para su uso con un sistema de balón de protección, la resistencia a la tracción objetivo descrita en esas aplicaciones es en el nivel de 590 MPa o superior, y los valores de resistencia a la tracción obtenidos en los ejemplos de estas aplicaciones no son superiores a 947 MPa.

La solicitud de patente US2002/033591 divulga una tubería de acero que tiene alta resistencia y alta dureza con una resistencia a la tracción objetivo mayor que 900 MPa. La composición de la tubería de acero se superpone a la de la presente invención, pero los intervalos son más amplios para Cr, Mn y Mo y que no contiene nada de Ti. Esta solicitud no describe ningún ejemplo concreto.

Las tuberías de acero descritas en las solicitudes de patentes anteriores pueden proporcionar un rendimiento adecuado para sistemas de balón de protección existentes. Sin embargo, como resultado de la tendencia en los últimos años hacia la disminución en el peso de los automóviles, también ha llegado a haber una demanda de disminución en el tamaño y peso de los sistemas de balón de protección. Por consiguiente, existe una demanda de tuberías de acero para sistemas de balón de protección capaces de acumular un gas de inflado a una presión superior, mientras que tienen un espesor de pared más pequeño.

Descripción de la invención

La presente invención proporciona una tubería de acero alta resistencia, de alta dureza adecuada para su uso con sistemas de balón de protección (es decir, para uso en la formación de inflado acumuladores de gas para sistemas de balón de protección) que puede satisfacer las propiedades que se exigen hoy en día como se describe anteriormente. La presente invención también proporciona un método para la fabricación de una tubería de acero de

este tipo.

Los presentes inventores encontraron que el fin de proporcionar una tubería de acero para sistemas de balón de protección con una alta resistencia a la tracción y excelente resistencia a la ruptura con el fin de satisfacer la demanda de presiones del acumulador más altas y menores espesores de pared, es necesario que la tubería de acero tenga las siguientes propiedades:

(a) una resistencia a la tracción de al menos 1000 MPa, y
(b) una tenacidad suficiente como se demuestra en una prueba de impacto Charpy mediante la exhibición 100 % de fractura dúctil a -40 °C, preferiblemente 100 % de fractura dúctil a -60 °C, y más preferiblemente 100 % de fractura dúctil a -80 °C.

Desde el punto de vista de la seguridad, también es importante que la tubería de acero tenga una buena resistencia a la ruptura, que se demuestra en una prueba de ruptura de presión interna bajo presión hidrostática a -40 °C al no haber allí la aparición de la fractura por fragilidad y no habiendo grietas que se extienden sobre toda la longitud de la tubería de acero. Todavía es más deseable que dicha resistencia a la ruptura se demostró en una prueba de ruptura presión interna a -80 °C.

Según la presente invención, una tubería de acero que tiene una alta resistencia de al menos 1000 MPa y una alta dureza como se evidencia por 100 % de fractura dúctil a -40 °C en una prueba de impacto Charpy, así como la buena resistencia a la ruptura a la descrita anteriormente se puede obtener mediante la selección de una composición de acero específica.

De acuerdo con una forma de la presente invención, una tubería de acero adecuado para su uso con un sistema de balón de protección (para formar un acumulador de gas de inflado para el sistema de balón de protección) está hecha de un acero que tiene una composición que consiste en % en masa, de: C: 0,05 - 0,20 %, Si: 0,1 a 1,0 %, Mn: 0,20 - 1,0 %, P: como máximo 0,025 %, S: como máximo 0,010 %, Cr: 0,05 a 1,0 %, Al: como máximo 0,10 %, Ti en una cantidad que satisface las siguientes ecuaciones (1) y (2) y, opcionalmente, al menos uno de Mo: 0 a 0,50 %, Ni: 0 a 1,5 %, V: 0 a 0,2 %, B: 0 a 0,005 %, Cu: 0-0,5 %, Nb 0 - 0,1 %, Ca; 0-0,01 %, Mg: 0-0,01 %, REM: 0-0,01 %, y un resto de Fe e impurezas:

$$Ti \leq 0{,}02\ \% \qquad (1)$$

$$0{,}4\ \% \leq Mn + 40Ti \leq 1{,}2\ \% \qquad (2)$$

La tubería de acero tiene una resistencia a la tracción de al menos 1000 MPa, y vTrs100 en la dirección circunferencial de -40 °C o menos.

Opcionalmente, la composición del acero puede comprender uno o más de Mo: 0,05 a 0,50 %, Ni: 0,05 a 1,5 %, V: 0,01 a 0,2 % y B: 0,0003 a 0,005 %.

Opcionalmente, la composición de acero puede comprender uno o dos de Cu: 0,05 hasta 0,5 % y Nb: 0,003-0,1 %.

Opcionalmente, la composición de acero puede comprender uno o más de Ca: 0,0003 a 0,01 %, Mg: 0,0003 a 0,01 %, y REM: 0,0003 a 0,01 %.

De acuerdo con otra forma de la presente invención, un método de fabricación de una tubería de acero para un sistema de balón de protección comprende la formación de una tubería que tiene unas dimensiones prescritas de un acero que tiene la composición descrita anteriormente por un proceso que incluye la toma de la tubería y el posterior trabajo en frío, a continuación, el calentamiento de la tubería trabajada en frío al menos hasta el punto transformación Ac_3 del acero seguido por apagado, y el templado de la tubería apagada a una temperatura no más alta que el punto de transformación Ac_1 del acero.

En una realización preferida del método, la tubería de acero trabajado en frío se calienta desde 900 °C a 1000 °C. Este calentamiento se realiza preferiblemente por calentamiento rápido a una velocidad de aumento de temperatura de al menos 10 °C/seg por medio de calentamiento por inducción de alta frecuencia, por ejemplo. El apagado subsiguiente se lleva a cabo preferiblemente de tal manera que la velocidad de enfriamiento al menos en el intervalo de temperatura de 850 ° a 500 °C es de al menos 20 °C/seg. De esta manera, una tubería de acero que tiene una microestructura fina apagada con un número de tamaño de grano γ de 11 o más alto (cuanto más alto sea el número, más fino es el tamaño de grano γ). Dicha tubería de acero exhibe una extremadamente buena resistencia a la ruptura tal como se demuestra porque ninguna grieta progresa significativamente incluso en una prueba de ruptura de presión interna a -80 °C.

Ninguno de los documentos de patente mencionados anteriormente describe un acero que tenga la composición del acero específico descrito anteriormente al tiempo que satisfaga la ecuación anterior, y que tenga tanto una alta resistencia de al menos 1000 MPa y una alta dureza en forma de 100 % fractura dúctil a -40 °C. Las resistencias a la

tracción de los aceros descritos en estos documentos de patente se muestran en la figura 2 como una función del valor de (Mn + 40Ti).

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 es un gráfico que muestra la resistencia a la tracción en la dirección circunferencial de una tubería de acero como una función del valor de vTrs100, que se define a continuación, y
La figura 2 es un gráfico que muestra la resistencia a la tracción en la dirección circunferencial de una tubería de acero según la presente invención y según la técnica anterior como una función del valor de (Mn + 40Ti).

Descripción de realizaciones preferidas

La presente invención se describirá a continuación más completamente. En la siguiente descripción, a menos que se indique lo contrario, por ciento con respecto a una composición de acero se refiere a porcentaje en masa.

(A) Composición química del acero

De acuerdo con una forma de la presente invención, una tubería de acero para un sistema de balón de protección está hecha de un acero que tiene la composición del acero específica descrita anteriormente en la que el contenido de Ti y Mn satisfacen las siguientes ecuaciones (1) y (2):

$$Ti \leq 0{,}02\ \% \qquad (1)$$

$$0{,}4\ \% \leq Mn + 40Ti \leq 1{,}2\ \% \qquad (2)$$

Las razones de los intervalos para los diversos elementos de la composición del acero específico según la presente invención son como sigue.

C: 0,05 a 0,20 %

El carbono (C) es un elemento que es eficaz para aumentar económicamente la resistencia del acero. Si el contenido del mismo es menor que 0,05 %, es difícil obtener una resistencia a la tracción deseada de al menos 1000 MPa, mientras que, si su contenido excede de 0,20 %, la capacidad de trabajo y soldabilidad disminuyen. Un intervalo preferido para el contenido de C es 0,08 a 0,20 %, y un intervalo más preferido es 0,12 a 0,17 %.

Si: 0,1 a 1,0 %

El silicio (Si) es un elemento que tiene una acción de desoxidación y que también aumenta la templabilidad y resistencia del acero. En vista de estas actividades de Si, su contenido se hace de al menos 0,1 %. Sin embargo, si el contenido de Si es superior a 1,0 %, la tenacidad disminuye. Un intervalo preferido para el contenido de Si es 0,2 a 0,5 %.

P: como máximo 0,025 %

El fósforo (P) provoca una disminución de la tenacidad causada por la segregación de límite de grano. La disminución de la tenacidad se hace particularmente notable cuando el contenido de P es superior a 0,025 %. El contenido de P es preferiblemente como máximo 0,020 %, y más preferiblemente como máximo 0,015 %.

S: como máximo 0,010 %

El azufre (S) disminuye la tenacidad particularmente en la dirección T, es decir, la dirección circunferencial de una tubería de acero. En particular, si el contenido de S excede 0,010 %, hay una marcada disminución de la tenacidad en la dirección T de una tubería de acero. El contenido de S es preferiblemente como máximo 0,005 %, y aún más preferiblemente como máximo 0,003 %.

Cr: 0,05 a 1,0 %

El cromo (Cr) es un elemento que es eficaz para aumentar la resistencia y tenacidad del acero. Si el contenido del mismo es menor que 0,05 %, se hace difícil de obtener una resistencia a la tracción de al menos 1000 MPa. Sin embargo, si el contenido de Cr es superior a 1,0 %, conduce a una disminución en la dureza de las porciones soldadas. Un intervalo preferido para el contenido de Cr es 0,2 a 0,8 %, y un intervalo más preferido es 0,4 a 0,7 %.

Al: como máximo 0,10 %

El aluminio (Al) es un elemento que tiene una acción de desoxidación y que es eficaz para aumentar la tenacidad y la capacidad de trabajo. Sin embargo, si el contenido del mismo es superior a 0,10 %, la aparición de marcas de

arañazos en el acero durante la laminación se remarca. El contenido de Al puede ser en el nivel de una impureza, por lo que no hay límite inferior particular, pero es preferiblemente al menos 0,005 %. Un intervalo preferido para el contenido de Al es 0,005 a 0,05 %. En la presente invención, el contenido de Al se refiere al contenido de ácido soluble Al (llamado sol. Al).

Con el fin de garantizar la resistencia de una tubería de acero para un sistema de balón de protección que tiene la composición de acero específica descrita anteriormente y para obtener una resistencia de al menos 1000 MPa, es necesario controlar el contenido de Mn y Ti con el fin de satisfacer las ecuaciones (1) y (2) descritas anteriormente.

Ti: hasta 0,02 %

La adición de titanio (Ti) a la composición del acero de una tubería de acero de acuerdo con la presente invención es opcional. Si se añade Ti, el contenido es como máximo 0,02 % con el fin de satisfacer la ecuación (1). No hay límite inferior particular, y puede estar presente en el nivel de impureza.

El Ti tiene una acción desoxidante. Además, tiene una fuerte afinidad para el N, y a altas temperaturas, que de forma estable existe como un nitruro de Ti. Por consiguiente, se suprime el crecimiento del grano de cristal en el momento de la laminación en caliente y contribuye a un aumento de la tenacidad. Con el fin de obtener un efecto tal del Ti, el contenido de Ti es preferiblemente al menos 0,003 %. Sin embargo, si el contenido de Ti es superior a 0,02 %, la dureza termina disminuyendo. Por consiguiente, cuando se añade Ti, el contenido del mismo es preferiblemente 0,003 a 0,02 %.

Mn: 0,2 - 1,0 %

El manganeso (Mn) es un elemento que tiene una acción de desoxidación y que es eficaz para aumentar la templabilidad del acero y para aumentar la resistencia y tenacidad, por lo que el Mn puede estar presente en una cantidad de hasta 1,0 %. Una dureza y tenacidad suficientes no se obtienen cuando el contenido de los mismos es inferior a 0,20 %, por lo que el contenido de Mn es al menos 0,20 %. Por otra parte, si el contenido de Mn excede de 1,0 %, pueden formarse granos gruesos de MnS en el acero y pueden ser extendidos durante el laminado en caliente, lo que provoca que la resistencia disminuya. Por lo tanto, el contenido de Mn es 0,20 a 1,0 % y más preferiblemente 0,4 a 0,8 %.

El contenido de Ti y Mn se controla a fin de satisfacer la ecuación (2). Si el valor de (Mn + 40Ti) es menor que 0,4 % o mayor que 1,2 %, no se pueden obtener la resistencia deseada a la tracción y/o alta dureza. El valor de (Mn + 40Ti) está preferiblemente en el intervalo de 0,4 - 0,8 %.

Cuando se desea mejorar adicionalmente la resistencia, la resistencia a la ruptura, y/o la capacidad de soldadura de un acero, además de los elementos descritos anteriormente, uno o más de Mo, Ni, Cu, V, Nb, B, Ca, Mg, y REM puede opcionalmente ser añadidos dentro de sus respectivos intervalos descritos a continuación para la composición del acero para una tubería de acero de acuerdo con la presente invención.

Mo, Ni, B, V:

Cada uno de molibdeno (Mo), níquel (Ni), boro (B), y vanadio (V) tienen el efecto de aumentar la templabilidad, y uno o más de estos elementos se puede añadir como elementos opcionales.

El Mo también tiene el efecto de aumentar la fuerza a través de endurecimiento de solución sólida y endurecimiento por precipitación. Estos efectos de Mo se obtienen incluso cuando su contenido está en el nivel de impureza, pero con el fin de obtener un efecto más marcado, el contenido de Mo es preferiblemente al menos 0,05 %. Sin embargo, si el contenido de Mo es superior a 0,50 %, las porciones soldadas se endurecen y la tenacidad disminuye. Por lo tanto, cuando se añade, el contenido de Mo es preferiblemente desde 0,05 hasta 0,50 % y más preferiblemente 0,1 hasta 0,35 %.

Ni también tiene el efecto de aumentar la tenacidad. Se obtiene este efecto de Ni siquiera cuando su contenido está en el nivel de impureza, pero con el fin de obtener un efecto más marcado, el contenido de Ni es preferiblemente de al menos 0,05 %. Sin embargo, el Ni es un elemento costoso, y los costes aumentan notablemente cuando el contenido del mismo excede 1,5 %. Por lo tanto, cuando se añade Ni, su contenido es preferiblemente de 0,05 a 1,5 % y más preferiblemente 0,1-1,0 %.

Se obtiene el efecto de B en el aumento de la templabilidad, incluso cuando su contenido está en el nivel de impureza, pero con el fin de obtener un efecto más marcado, el contenido de B es preferiblemente al menos 0,0003 %. Sin embargo, si el contenido de B excede 0,005 %, la tenacidad disminuye. Por lo tanto, cuando se añade B, su contenido es preferiblemente 0,0003 - 0,005 %. Un intervalo más preferido para el contenido de B es desde 0,0003 hasta 0,002 %.

El V también tiene el efecto de aumentar la fuerza a través de endurecimiento por precipitación. Se obtiene este efecto del V cuando su contenido es de al menos 0,01 %, pero si el contenido de V es superior a 0,2 %, la tenacidad disminuye. Por consiguiente, cuando se añade V, su contenido es preferiblemente de 0,01 hasta 0,2 %. Un intervalo más preferido para el contenido de V es 0,03 hasta 0,10 %. Cu, Nb:

Cada uno de cobre (Cu) y de niobio (Nb) tienen el efecto de aumentar la dureza, y uno o ambos de estos elementos pueden ser añadidos como elementos opcionales.

El efecto de Cu en el aumento de la dureza se puede obtener incluso cuando su contenido está en el nivel de impureza, pero con el fin de obtener un efecto más marcado, el contenido de Cu es preferiblemente al menos 0,05 % y más preferiblemente al menos 0,1 %. Sin embargo, el Cu disminuye la capacidad de trabajo en caliente de acero, por lo que cuando se añade Cu, preferiblemente también se añade Ni con el fin de garantizar la capacidad de trabajo en caliente. Si el contenido de Cu excede el 0,5 %, puede que no sea posible garantizar una buena capacidad de trabajo en caliente, incluso si también se añade Ni. De acuerdo con ello, el contenido de Cu cuando se añade es preferiblemente de 0,05 a 0,5 %.

El Nb tiene el efecto de aumentar la tenacidad incluso cuando está presente en el nivel de impureza, pero con el fin de obtener un efecto más marcado, su contenido es preferiblemente de al menos 0,003 % y más preferiblemente al menos de 0,005 %. Sin embargo, si el contenido de Nb supera el 0,1 %, la dureza termina disminuyendo. Por consiguiente, cuando se añade Nb, su contenido es preferiblemente desde 0,003 hasta 0,1 %. Un intervalo más preferido para el contenido de Nb es 0,003-0,03 % y un intervalo aún más preferido es 0,005 a 0,02 %.

Ca, Mg, REM:

Cuando se desea garantizar aún una mejor resistencia a la ruptura, para una tubería de acero de alta resistencia para un sistema de balón de protección, uno o más de calcio (Ca), magnesio (Mg), y metales de tierras raras (REM) se puede añadir como elementos opcionales.

Cada uno de estos elementos de mejora de la anisotropía de la dureza, y aumenta la tenacidad en la dirección T de una tubería de acero, y como resultado tienen el efecto de aumentar aún más la resistencia a la ruptura. Este efecto puede obtenerse incluso cuando el contenido está en el nivel de impureza, pero con el fin de obtener un efecto más marcado, el contenido de cualquiera de estos elementos que se añade es preferiblemente al menos 0,0003 %. Sin embargo, si el contenido de cualquiera de estos elementos sea superior al 0,01 %, la formación de inclusiones en forma de racimos se produce, lo que lleva a la aparición de marcas de arañazos. En consecuencia, cuando se añada uno de estos elementos, el contenido de cada elemento añadido es preferiblemente 0,0003 - 0,01 % y más preferiblemente 0,0005 - 0,003 %.

(B) Fabricación de tuberías

Con el fin de obtener una tubería de acero de un sistema de balón de protección de acuerdo con la presente invención, una tubería de acero sin soldadura o una tubería de acero soldada está hecha de un acero que tiene la composición química descrita anteriormente. Una tubería de acero sin costura se prefiere desde el punto de vista de la fiabilidad. No hay limitaciones particulares sobre un método de fabricación de una tubería sin soldadura o una tubería soldada.

(C) Trabajo en frío

Una tubería de acero sin costura o soldada a partir del acero anterior se somete a trabajo en frío en condiciones seleccionadas para proporcionar la tubería con una precisión dimensional y una calidad superficial prescritas. El trabajo en frío puede ser cualquier tipo con tal de que pueda proporcionar una precisión dimensional y una calidad superficial prescritas. Los ejemplos de tipos útiles de trabajo en frío son el estirado en frío y laminado en frío. No hay restricciones particulares en el grado de trabajo en frío, pero es preferiblemente al menos 3 % en términos de reducción en el área. Con el fin de disminuir la fuerza de trabajo durante el trabajo en frío, un tratamiento térmico de ablandamiento puede llevarse a cabo antes del trabajo en frío.

(D) Tratamiento térmico

Después del trabajo en frío descrito anteriormente en (C), la tubería de acero se somete a un tratamiento térmico con el fin de garantizar que la tubería de acero tenga la resistencia a la tracción necesaria y con el fin de aumentar la dureza en la dirección T a fin de garantizar también la resistencia a la ruptura. A fin de proporcionar a la tubería de acero una alta resistencia en forma de una resistencia a la tracción de 1000 MPa y la resistencia a la ruptura, la tubería de acero se enfría después de calentarse a una temperatura de al menos el punto de transformación Ac_3 del acero, y luego se lleva a templado a una temperatura no mayor que el punto de transformación Ac_1 del acero.

Si la temperatura de calentamiento antes de la inactivación es menor que el punto de transformación Ac_1, buena tenacidad en la dirección T y, por tanto, una buena resistencia a la ruptura no puede ser garantizada. La temperatura

de calentamiento se establece en una temperatura de al menos, el punto de transformación Ac_3 del acero, que es en la región de austenita.

El calentamiento a una temperatura elevada durante un largo período provoca que se forme una gran cantidad de escama en la superficie de una tubería de acero y disminuye la precisión dimensional y la calidad superficial y también conduce a una disminución de la resistencia a la ruptura. Por lo tanto, el calentamiento es el calentamiento rápido preferiblemente a una temperatura predeterminada, seguido de un período de retención corto a esa temperatura. El calentamiento rápido se lleva a cabo preferiblemente de tal manera que la tasa de aumento de la temperatura es de al menos 10 °C/seg. Tal calentamiento rápido se puede lograr mediante calentamiento por inducción de alta frecuencia o calentamiento por resistencia directa, aunque no hay restricciones particulares en el método de calentamiento. Un método de calentamiento particularmente preferido es el de calentamiento por inducción de alta frecuencia.

Particularmente en el caso de tal período corto de calentamiento, una temperatura de calentamiento preferida está en el intervalo de 900 °C a 1000 °C y más preferiblemente de 900 °C a 960 °C. Si la temperatura de calentamiento es inferior a 900 °C, puede no alcanzarse la austenititación completa durante el período corto de calentamiento, lo que hace imposible formar una microestructura deseada. El calentamiento a una temperatura superior a 1000 °C puede provocar que los granos γ se engrosan en un grado tal que se disminuye la dureza.

El calentamiento a una temperatura de al menos, el punto de transformación Ac_3 del acero se realiza preferiblemente en una atmósfera que tiene un potencial de oxígeno tan bajo como sea posible desde el punto de vista de suprimir la formación de escamas en la superficie durante el calentamiento. Se prefiere aún más una atmósfera reductora.

Después de que la tubería de acero se calienta a una temperatura de al menos el punto de transformación Ac_3 del acero, se inactiva a continuación con el fin de obtener una resistencia a la tracción deseada de al menos 1000 MPa de una manera estable y fiable. Específicamente, la velocidad de enfriamiento para el apagado es de al menos aproximadamente 5 °C/s en el intervalo de temperatura de 850 - 500 °C. Preferiblemente, la velocidad de enfriamiento es de al menos 20 °C/seg. Tal enfriamiento puede realizarse por enfriamiento con agua.

El calentamiento rápido a una temperatura en el intervalo de 900 - 1000 °C por calentamiento por inducción de alta frecuencia seguido por apagado a una velocidad de enfriamiento de al menos 20 °C/s en el intervalo de temperatura de 850 a 500 °C hace que sea posible formar una densa microestructura como apagada caracterizada por el tamaño de granos γ (tamaño de granos de austenita preexistentes tal como se mide por el método de Bechet-Beaujard de acuerdo con JIS G0551) que tienen un número de tamaño de 11 o más grande de una manera estable. Una tubería de acero que tiene una microestructura de este tipo tiene una dureza particularmente mejorada y muestra una excelente resistencia a la ruptura como se demuestra por grietas que progresan significativamente incluso en una prueba de ruptura de presión interna realizada a -80 °C.

Una tubería de acero que se enfrió a temperatura ambiente aproximadamente por apagado se templa a continuación a una temperatura no más alta que el punto de transformación Ac_1 del acero con el fin de proporcionar la tubería con la resistencia a la tracción deseada de al menos 1000 MPa y resistencia a la ruptura. El tamaño de grano γ no varía en tal templado. Es difícil obtener las características descritas anteriormente en una forma estable y fiable si la temperatura de templado supera el punto de transformación Ac_1. El templado se lleva a cabo preferiblemente mediante el mantenimiento de la tubería de acero por lo menos 10 minutos a una temperatura en el intervalo de 450 - 700 °C. Después del templado, las curvas pueden ser eliminadas por una plancha adecuada o dispositivo similar.

De esta manera, según la presente invención, es posible proporcionar una tubería de acero de un sistema de balón de protección que tiene una resistencia a la tracción de al menos 1000 MPa y que tiene una alta tenacidad, como se indica por 100 % de fractura dúctil a -40 °C, preferiblemente a -60 °C, y más preferiblemente a -80 °C en una prueba de impacto Charpy y de ninguna grieta progresa de manera significativa en una prueba de ruptura de presión interna a -40 °C y preferiblemente a -80 °C. La tubería de acero puede hacer frente adecuadamente a la nueva dirección de las tuberías de acero para los sistemas de bolsas de aire hacia presiones de acumuladores más altas y espesores de pared inferiores.

Ejemplos

Los siguientes ejemplos ilustran la presente invención y demuestran los efectos de los mismos. Estos ejemplos han de considerarse en todos los aspectos como ilustrativos y no restrictivos. Los aceros utilizados en los ejemplos tenían un punto de transformación Ac_1 en el intervalo de 700 °C a 760 °C y un punto de transformación Ac_3 en el intervalo de 820 °C a 880 °C.

Ejemplo 1

Usando palanquillas de acero que tienen las composiciones químicas mostradas en la tabla 1, mm se fabrica una tubería de acero sin costura que tiene dimensiones nominales de un diámetro exterior de 70 mm y un espesor de

pared de 4,1 a partir de cada palanquilla mediante un proceso de trabajo en caliente que incluye el calentamiento de la palanquilla a 1250 °C y la realización de la perforación y de laminación por un sistema de molino perforador-mandril Mannesmann convencional. A continuación, cada tubería de acero sin costura se terminó mediante estirado en frío de manera que tenga un diámetro exterior de 60,33 mm y un espesor de pared de 3,35 mm. La tubería se calentó después a 920 °C en un horno de balancín convencional (velocidad de calentamiento: alrededor de 0,3 °C por segundo) con un período de retención de la temperatura de 10 minutos y después se apagó en agua, después de lo cual se templó a una temperatura que no era más alta que el punto de transformación Ac_1 del acero por calentamiento en un horno de balancín convencional (atmósfera: aire). De esta manera, tres tuberías de acero sin costura para sistemas de balón de protección que tienen diferentes resistencias a la tracción se han fabricado para cada composición de acero mediante la variación de las condiciones de templado. Se realizó el apagado con agua de tal manera que la velocidad de enfriamiento en el intervalo de temperatura de 850 a 500 °C fue de al menos 20 °C/seg.

Una cierta longitud de cada tubería de acero fue abierta y desenrollada a temperatura ambiente mediante la reducción de la tubería en una dirección longitudinal de la misma. Una pieza de prueba Charpy con muesca en V que tiene una anchura de 2,5 mm de acuerdo con JIS Z 2002 fue tomada de la tubería abierta en la dirección T, y luego se realizó una prueba de impacto Charpy en la pieza de prueba. Una prueba de tracción de acuerdo con el método de prueba de tracción para materiales metálicos establecidos en la norma JIS Z 2241 se llevó a cabo utilizando una pieza de prueba Número 11 de acuerdo con JIS Z 2201, que también fue tomada de la tubería abierta en la dirección T. El límite inferior de temperatura para garantizar una tasa de fractura dúctil de 100 % en la prueba de impacto Charpy (denominado a continuación vTrs100) y la resistencia a la tracción de cada tubería se muestran en la tabla 2 y la figura 1.

Además, se realizó una prueba de ruptura utilizando una pieza de tubería que tiene una longitud de 250 mm, que fue cortada de cada tubería de acero. Ambos extremos de la pieza de 250 mm de largo de tubería se cerraron por soldadura, y una presión interna creciente se aplicó con un líquido a -40 °C hasta que se produjo la ruptura de la tubería. Se evaluó la resistencia a la ruptura en base a la presencia o ausencia del progreso de una grieta a cualquiera de los extremos de la tubería rota. Los resultados también se muestran en la tabla 2.

Tabla 1

Tipo de acero	Composición de acero (% en masa)												
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mes	Cu	Ni	Nb	Ti	Sol. Al	Mn+40Ti
A	0,11	0,30	1,62*	0,015	0,002	0,82	-	-	-	-	0,042*	0,031	3,3*
B	0,13	0,31	1,42*	0,013	0,002	0,61	0,31	0,31	0,25	0,21	0,031*	0,031	2,66*
C	0,16	0,31	0,74	0,015	0,002	0,61	0,31	0,30	0,24	0,21	0,011	0,031	1,18
D	0,15	0,30	0,50	0,014	0,002	0,61	0,31	0,31	0,25	0,21	0,007	0,032	0,78
E	0,11	0,30	0,18*	0,012	0,002	0,62	-	-	0,07	0,008	0,005	0,031	0,38*
* Fuera del intervalo de acuerdo con esta invención													

Tabla 2

Tipo de acero	Nº tubería	TS (MPa)	vTrs100 (°C)	Progreso de las grietas quebradizas en la prueba de ruptura a -40 °C[1])
A	a	1085	-15	Sí
	b	1054	-20	Sí
	c	1005	-35	Sí
B	d	930	-40	No
	e	862	-55	No
	f	775	-60	No
C	g	1075	-40	No
	h	1035	-55	No
	i	1007	-65	No
D	j	1102	-80	No
	k	1054	-100	No
	l	1008	-110	No
E	m	800	-65	No
	n	762	-75	No
	o	684	-80	No
[1]) La presencia de grietas quebradizas que se extienden a cualquiera de los extremos de la tubería en una prueba de ruptura a -40 °C.				

Como puede verse en la tabla 2 y la figura 1, para un acero con un alto contenido de Mn tal que (Mn + 40Ti) supera el intervalo definido por la ecuación (2), si se intentó hacer la fuerza de al menos 1000 MPa, vTrs100 fue mayor que -40 °C. Por lo tanto, las grietas quebradizas desarrolladas durante la prueba de ruptura a presión hidrostática a -40

°C con tuberías de acero a, b y c de acero A, lo que indica que este acero no era adecuado para una tubería de acero para un sistema de balón de protección. Con las tuberías de acero d, e y f de acero B, si se intentó satisfacer vTrs100 ≤ -40 °C, no fue posible obtener una resistencia de al menos 1000 MPa. Por otro lado, para el acero E en el que Mn se redujo de tal modo que (Mn + 40Ti) estaba por debajo del intervalo definido por la ecuación (2), no se obtiene una estructura uniforme endurecida, e incluso si la temperatura de templado se ajustó, no sólo no se obtuvo una fuerza de al menos 1000 MPa, sino que el nivel de fuerza ni siquiera llegó a la de tuberías de acero d, e y f de acero B.

Se puede ver una tendencia de vTrs100 a aumentar a medida que aumenta la resistencia a la tracción. Para el acero A, la resistencia a la tracción superó 1000 MPa, pero vTrs100 superó en gran medida -40 °C. Sin embargo, para tuberías de acero g a l de acero C y de acero D que tenía la composición de acero específica según la presente invención y también satisfechas las ecuaciones (1) y (2), la resistencia fue de al menos 1000 MPa, y VTR era -40 °C o inferior.

Ejemplo 2

Palanquillas de acero que tienen las composiciones químicas que se muestran en la tabla 3 se calientan cada una a 1250 °C, después de lo cual cada palanquilla fue perforada y laminada en caliente con un sistema de molino perforador-mandril Mannesmann convencional para obtener una tubería de acero sin costura, con dimensiones nominales de un diámetro exterior de 70 mm y un espesor de pared de 4,1 mm. A continuación, cada tubería se sometió a estirado en frío por un método convencional para proporcionar la tubería con dimensiones finales de un diámetro exterior de 60,33 mm y un espesor de pared de 3,35 mm.

Números de acero 1 - 22 en la tabla 3 son aceros para los que las composiciones de acero satisfacen las condiciones prescritas por la presente invención, y los números de acero 23 - 27 son aceros comparativos para los cuales el contenido de algunos elementos no satisface las condiciones prescritas por la presente invención.

Cada tubo de acero que había sido sometido a estirado en frío se calentó a 920 °C en un horno de balancín convencional, y se mantuvo en el horno durante 10 minutos y después se apagó con agua, después de lo cual se calentó a una temperatura de más baja que el punto de transformación Ac_1 del acero durante 30 minutos en un horno de balancín convencional para realizar el templado.

Para cada una de las tuberías de acero tratadas con calor, se llevó a cabo una prueba de tracción, una prueba de impacto Charpy, y una prueba de ruptura.

La prueba de impacto Charpy se realizó utilizando una pieza de prueba Charpy con muesca en V con una anchura de 2,5 mm según lo prescrito por JIS Z 2202 tomada en la dirección circunferencial (dirección T) de una muestra de cada tubería de acero, que fue cortada abierta a temperatura ambiente de la misma manera como se describe en el ejemplo 1, y se evaluó la tenacidad en base a vTrs100.

La prueba de tracción se realizó de acuerdo con el método de prueba de tracción prescrito por JIS Z 2241 utilizando una pieza de prueba Número 11 prescrita por JIS Z 2201 tomada en la misma manera que para la prueba de impacto Charpy.

Para la prueba de ruptura de presión interna, cinco piezas de la tubería de acero, que tienen cada una una longitud de 250 mm, se cortaron de cada tubería de acero, ambos extremos de cada pieza de tubería de acero de 250 mm se cerraron por soldadura, la presión interna se aplicó con un líquido, y se observó el grado en el que las grietas habían progresado en el momento de romperse a -40 °C. Se evaluó la resistencia a la ruptura en función del número de tuberías para las que una grieta progresa a cualquiera de los extremos entre las cinco tuberías que se probaron.

Los resultados de cada una de las pruebas descritas anteriormente se muestran en la tabla 4.

Ejemplo 3

Tuberías de acero sin costura que tienen composiciones de acero mostradas en la tabla 3 fueron fabricadas de la misma manera como se describe en el ejemplo 2 excepto que se cambiaron las condiciones para el tratamiento térmico.

En este ejemplo, una tubería de acero, que había sido terminada por la perforación, laminación en caliente, y trabajo en frío como se describe en el ejemplo 2, se calentó a 920 °C usando un aparato de calentamiento por inducción de alta frecuencia a una velocidad de calentamiento de alrededor de 20 °C/seg, y el calentamiento por inducción se continuó durante 5 segundos después de que la temperatura de la tubería de acero alcanzara 920 °C. Después de ello, usando el mismo procedimiento que en el ejemplo 2, la tubería de acero calentada se apagó con agua y se templó a una temperatura más baja que el punto de transformación Ac_1 del acero durante 30 minutos en un horno de balancín convencional.

Para cada una de las tuberías de acero, se determinó el número de tamaño de grano γ del acero por el método de Bechet-Beaujard de acuerdo con JIS G0551. La resistencia a la tracción y vTrs100 de la tubería de acero se determinaron de la misma manera que la descrita en el ejemplo 2. Una prueba de ruptura de presión interna se realiza de la misma manera que la descrita en el ejemplo 1, pero a una temperatura de -80 °C en lugar de -40 °C, y la resistencia a la ruptura se evalúa en base a la presencia o ausencia de una grieta que progresa hacia cualquiera de los extremos de ruptura de la tubería. Los resultados también se muestran en la tabla 4.

A partir de la tabla 4, se puede observar que para los números de acero 1 a 22, que tenía una composición según la presente invención, incluso cuando el calentamiento de apagado se llevó a cabo por calentamiento en el horno como en el ejemplo 2, la resistencia a la tracción fue de al menos 1000 MPa y el valor de vTrs100 en la dirección T en la prueba de impacto Charpy era -40 °C o inferior. Además, en la prueba de ruptura a -40 °C, las grietas no progresaron a los extremos de las tuberías. Cuando el calentamiento para apagado era de calentamiento rápido mediante calentamiento por inducción de alta frecuencia con un corto período de retención de la temperatura como en el ejemplo 3, el acero tenía una microestructura fina como se apagó que tiene un número de tamaño de grano γ de 11 o mayor. La tubería de acero en general, tenía un aumento de la resistencia a la tracción y su resistencia también se ha mejorado aún más como se demuestra por el valor de vTrs100, que era -90 °C o inferior. Como resultado, no se encontró progresión de la grieta en la prueba de ruptura a -80 °C.

Cuando la composición incluye al menos uno de Mo, Ni, V, y B, en endurecimiento fue superior en comparación a cuando estos elementos no estaban presentes, de modo que la estructura endurecida templada uniforme se obtuvo fácilmente, y había un excelente equilibrio entre la fuerza y tenacidad. Como resultado, la fuerza podría aumentarse más sin una disminución de la tenacidad.

Cuando estaba presente al menos uno de Cu, Nb, Ca, Mg, y REM, el vTrs100 fue menor en comparación a cuando estos elementos no estaban presentes, y la tenacidad fue incluso mejor.

Para el acero número 23, el contenido de Mn era más alto que el intervalo de la presente invención y la ecuación (2) no se cumplía, por lo que su resistencia disminuye, vTrs100 era -35 °C en el caso de apagado después de calentamiento del horno, y la resistencia a la ruptura disminuyó.

Para el acero número 24, el valor de (Mn + 40Ti) supera el límite superior definido por la ecuación (2) y la tenacidad disminuye, por lo VTRs era -20 °C en el caso de apagado después de calentamiento del horno, y la resistencia a la ruptura disminuyó.

Para el acero número 25, el valor de (Mn + 40Ti) estaba por debajo del límite inferior definido por la ecuación (2), por lo que incluso cuando se ajustó la temperatura de templado, no se pudo obtener una resistencia a la tracción de 1000 MPa.

El acero Número 26 tenía un contenido de Cr, que era mayor que el intervalo de la presente invención y la dureza de porciones soldadas se redujo, por lo que el VTRs era -20 °C en el caso de apagado después de calentamiento del horno, y se redujo la resistencia a la ruptura.

Para el acero número 27, el contenido de Cr fue menor que el intervalo de la presente invención, y la capacidad de endurecimiento se redujo. Por lo tanto, resultando en una estructura no uniforme, e incluso cuando se ajustó la temperatura de templado, no se pudo obtener una resistencia de 1000 MPa. Además, la resistencia a la ruptura no fue satisfactoria.

En cada uno de estos aceros comparativos, cuando el apagado se llevó a cabo mediante calentamiento por inducción de alta frecuencia como en el ejemplo 3, vTrs no era -80 °C o inferior, por lo que las grietas avanzaron en la prueba de ruptura a -80 °C.

Con el fin de comparar la presente invención con la técnica anterior, la figura 2 muestra la relación entre el valor de (Mn + 40Ti) en la ecuación (2) y la resistencia a la tracción para los ejemplos de la presente invención y ejemplos de la técnica anterior en los documentos de patente anteriormente mencionados que tienen la composición de acero específico según la presente invención, excepto para la ecuación (2). Como puede verse en la figura 2, cuando la ecuación (2) se cumple, la fuerza se puede aumentar a un nivel extremadamente alto de 1000 MPa.

Aunque la presente invención ha sido descrita con respecto a realizaciones preferidas, que son meramente ilustrativas y no pretenden limitar la presente invención. Se debe entender por los expertos en la técnica que diversas modificaciones de las realizaciones descritas anteriormente se pueden hacer sin apartarse del alcance de la presente invención como se expone en las reivindicaciones.

Tabla 3

Acero Nº	Composición química (% en masa)																	Mn+40Ti
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ti	Al	Mes	Ni	V	B	Cu	Nb	Ca	mg	REM	
1	0, 15	0,31	0,81	0,008	0,001	0,60	0,008	0,035	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,13
2	0,15	0,30	0,55	0,015	0,002	0,56	0,001	0,035	0,29	-	-	-	-	-	-	-	-	0,59
3	0,14	0,31	0,45	0,015	0,002	0,52	0,002	0,029	-	0,22	-	-	-	-	-	-	-	0,53
4	0,16	0,29	0,53	0,011	0,003	0,64	0,009	0,032	-	-	0,05	-	-	-	-	-	-	0,89
5	0,16	0,34	0,41	0,012	0,003	0,61	0,011	0,033	-	-	-	0,0011	-	-	-	-	-	0,85
6	0,09	0,31	0,47	0,009	0,002	0,60	0,013	0,033	0,32	0,25	-	-	-	-	-	-	-	0,99
7	0,12	0,35	0,44	0,011	0,004	0,12	0,012	0,028	0,31	0,24	0,03	-	-	-	-	-	-	0,92
8	0,15	0,32	0,45	0,008	0,003	0,56	0,011	0,033	0,17	-	-	0,0021	-	-	-	-	-	0,89
9	0,16	0,35	0,45	0,009	0,003	0,58	0,013	0,025	-	-	-	-	0,33	-	-	-	-	0,97
10	0,13	0,27	0,43	0,012	0,003	0,55	0,011	0,022	-	-	-	-	-	0,018	-	-	-	0,87
11	0,14	0,33	0,51	0,012	0,003	0,21	0,009	0,035	0,33	-	-	-	0,31	-	-	-	-	0,87
12	0,15	0,30	0,50	0,008	0,001	0,60	0,011	0,035	0,32	0,24	-	-	0,32	0,025	-	-	-	0,94
13	0,15	0,30	0,51	0,015	0,002	0,62	0,008	0,029	-	-	-	-	-	-	0,0023	-	-	0,83
14	0,14	0,32	0,44	0,013	0,002	0,66	0,009	0,032	-	-	-	-	-	-	-	0,0008	-	0,80
15	0,16	0,29	0,55	0,012	0,003	0,64	0,011	0,033	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0015	0,99
16	0,14	0,33	0,49	0,011	0,003	0,33	0,011	0,022	-	-	-	-	-	-	0,0015	0,0012	-	0,93
17	0,16	0,34	0,52	0,012	0,003	0,59	0,013	0,033	0,31	-	-	-	-	-	0,0021	-	-	1,04
18	0,09	0,36	0,47	0,009	0,002	0,60	0,012	0,028	0,15	-	0,05	0,0022	-	0,018	-	-	-	0,95
19	0,16	0,36	0,51	0,011	0,004	0,60	0,011	0,033	0,29	-	-	-	0,23	0,010	0,0022	-	-	0,95
20	0, 15	0,32	0,45	0,008	0,003	0,56	0,013	0,025	-	-	-	-	0,25	0,021	0,0021	0,0011	-	0,97
21	0,16	0,33	0,43	0,009	0,003	0,58	0,011	0,022	0,30	0,25	-	-	0,30	0,022	0,0023	-	-	0,87
22	0,14	0,34	0,45	0,015	0,003	0,63	0,013	0,025	0,30	0,31	0,04	-	0,18	0,008	0,0012	0,0008	0,0007	0,97
23	0,15	0,31	1,*1	0,008	0,001	0,60	0,009	0,035	-	-	-	-	0,31	0,019	-	-	-	1,87*
24	0,16	0,30	0,62	0,015	0,002	0,56	0,019	0,035	0,29	-	-	-	-	-	-	-	-	1,38*
25	0,12	0,31	0,23	0,008	0,001	0,56	0,004	0,035	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,39*
26	0,15	0,30	0,70	0,015	0,002	1,54*	0,011	0,035	-	-	0,02	-	-	-	-	-	-	1,14
27	0,15	0,30	0,65	0,015	0,002	-*	0,011	0,035	0,29	-	-	-	-	0,021	-	-	-	1,09
* Fuera del rango de acuerdo con esta invención.																		

Tabla 4

Acero Nº	Ejemplo 2: apagado por calentamiento del horno (920 °C x 10 minutos)			Ejemplo 3: apagado por calentamiento por inducción de alta frecuencia (920 °C x 5 segundos)				Observaciones
	TS (MPa)	vTrs100 (°C)	Los resultados de la prueba de ruptura a -40 °C[1)]	γ número de tamaño de grano	TS (MPa)	vTrs100 (°C)	Resultados de la prueba de ruptura a -80 °C[2)]	
1	1011	-40	0	11,0	1023	-90	No	Esta invención
2	1011	-40	0	12,0	1050	-100	No	
3	1005	-40	0	11,5	1021	-100	No	
4	1012	-40	0	12,0	1025	100	No	
5	1008	-45	0	12,0	1026	-100	No	
6	1025	-65	0	11,5	1035	-110	No	
7	1033	-65	0	12,0	1045	-110	No	
8	1015	-45	0	12,0	1021	-100	No	
9	1022	-50	0	11,5	1037	-90	No	
10	1015	-70	0	12,0	1023	-100	No	
11	1053	-70	0	11,5	1017	-110	No	
12	1073	-80	0	12,5	1112	-120	No	
13	1015	-50	0	110	1010	-100	No	
14	1013	-45	0	11,0	1012	-90	No	
15	1011	-45	0	11,0	1019	-90	No	
16	1021	-50	0	11,5	1030	-90	No	
17	1053	-50	0	11,5	1070	-90	No	
18	1056	-70	0	11,5	1086	-90	No	
19	1071	-100	0	12,0	1120	-120	No	
20	1087	-80	0	12,5	1134	-110	No	
21	1131	-80	0	12,5	1162	-90	No	
22	1150	-80	0	12,5	1170	-90	No	
23				11,5	1058	-60	Sí	Ejemplos comparativos
24				11,0	1027	-60	Sí	
25				10,5	984	-60	Sí	
26				12,5	1180	-60	Sí	
27				10,0	954	-70	Sí	

[1)] Número de tuberías de acero que tienen grietas que se extienden a cualquiera de sus extremos entre 5 tuberías probadas.
[2)] La presencia de grietas que se extienden a cualquiera de los extremos de la tubería de acero a prueba.

REIVINDICACIONES

1. Una tubería de acero para un sistema de balón de protección que tiene una composición de acero que consiste en % en masa, de: C: 0,05 - 0,20 %, Si: 0,1 - 1,0 %, Mn: 0,20 - 1,0 %, P: como máximo 0,025 %, S: como máximo 0,010 %, Cr: 0,05 - 1,0 %, Al: como máximo 0,10 %, Ti en una cantidad que satisface las siguientes ecuaciones (1) y (2) y, opcionalmente, al menos uno de Mo: 0 - 0,50 %, Ni: 0 - 1,5 %, V: 0 - 0,2 %, B: 0 - 0,005 %, Cu: 0 - 0,5 %, Nb: 0 - 0,1 %, Ca: 0 - 0,01 %, Mg: 0 - 0,01 %, REM: 0 - 0,01 %, y un resto de Fe e impurezas,

$$Ti \leq 0{,}02\ \% \qquad (1)$$

$$0{,}4\ \% \leq Mn + 40Ti \leq 1{,}2\ \% \qquad (2)$$

en la que los símbolos para los elementos en la ecuación anterior indican el % en masa de los elementos, teniendo la tubería de acero una resistencia a la tracción de al menos 1000 MPa y vTrs100 en la dirección circunferencial de -40 °C o menos, en el que vTrs100 significa el límite inferior de temperatura para garantizar una tasa de fractura dúctil de 100 % en una prueba de impacto Charpy.

2. Una tubería de acero para un sistema de balón de protección de acuerdo con la reivindicación 1, en la que la composición de acero contiene, en % en masa, al menos uno de Mo: 0,05 - 0,50 %, Ni: 0,05 - 1,5 %, V: 0,01 - 0,2 %, y B: 0,0003 -0,005 %.

3. Una tubería de acero para un sistema de balón de protección de acuerdo con la reivindicación 1, en la que la composición de acero contiene, en % en masa, al menos uno de Cu: 0,05 - 0,5 % y Nb 0,003 - 0,1 %.

4. Una tubería de acero para un sistema de balón de protección de acuerdo con la reivindicación 1, en la que la composición de acero contiene, en % en masa, al menos uno de Ca: 0,0003 - 0,01 %, Mg: 0,0003 - 0,01 %, y REM: 0,0003 - 0,01 %.

5. Una tubería de acero para un sistema de balón de protección de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 - 4, en la que el acero tiene una microestructura que tiene un número de tamaño de grano γ preexistente, que es 11 o superior.

6. Un método de fabricación de una tubería de acero para un sistema de balón de protección que comprende formar una tubería a partir de un acero que tiene una composición de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 - 4 por un procedimiento que incluye la realización de la tubería y el posterior trabajo en frío, a continuación, calentar la tubería trabajada en frío a una temperatura de al menos el punto de transformación Ac_3 del acero seguido por apagado, y luego templar la tubería templada a una temperatura no mayor que el punto de transformación Ac_1.

7. Un método de acuerdo con la reivindicación 6, en el que la temperatura de calentamiento está en el intervalo de 900 a 1000 °C.

8. Un método de acuerdo con la reivindicación 6, en el que el calentamiento se realiza por calentamiento rápido a una velocidad de aumento de temperatura de al menos 10 °C/seg.

9. Un método de acuerdo con la reivindicación 8, en el que el calentamiento se realiza mediante calentamiento por inducción de alta frecuencia.

10. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 6 - 9, en el que el apagado se lleva a cabo de tal manera que la velocidad de enfriamiento al menos en el intervalo de temperatura de 850 °C a 500 °C es de al menos 20 °C/seg.

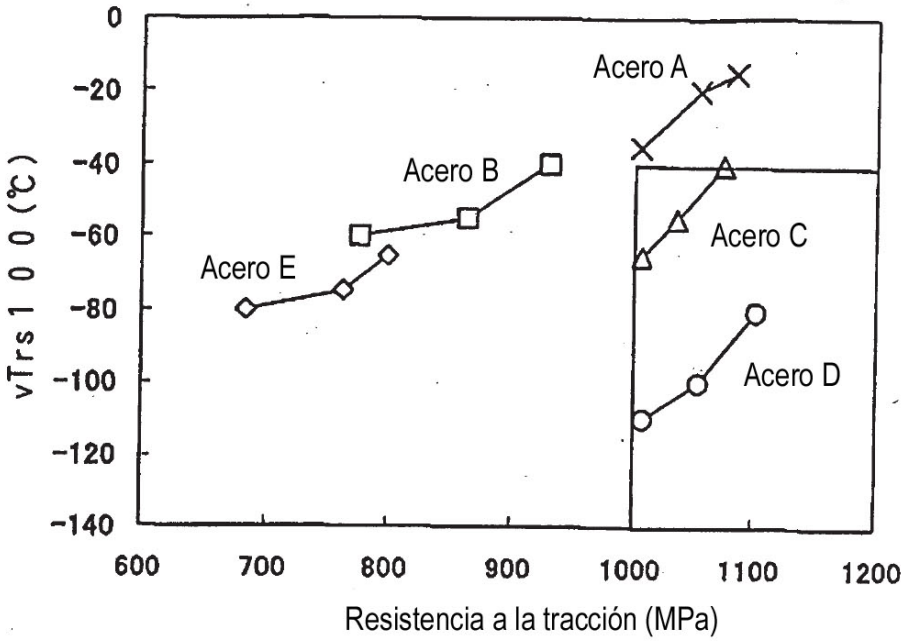
0
-20
-40
-60
-80
-100
-120
-140
vTrs100(℃)
Acero A
Acero B
Acero C
Acero D
Acero E
600
700
800
900
1000
1100
1200
Resistencia a la tracción (MPa)

Fig. 1

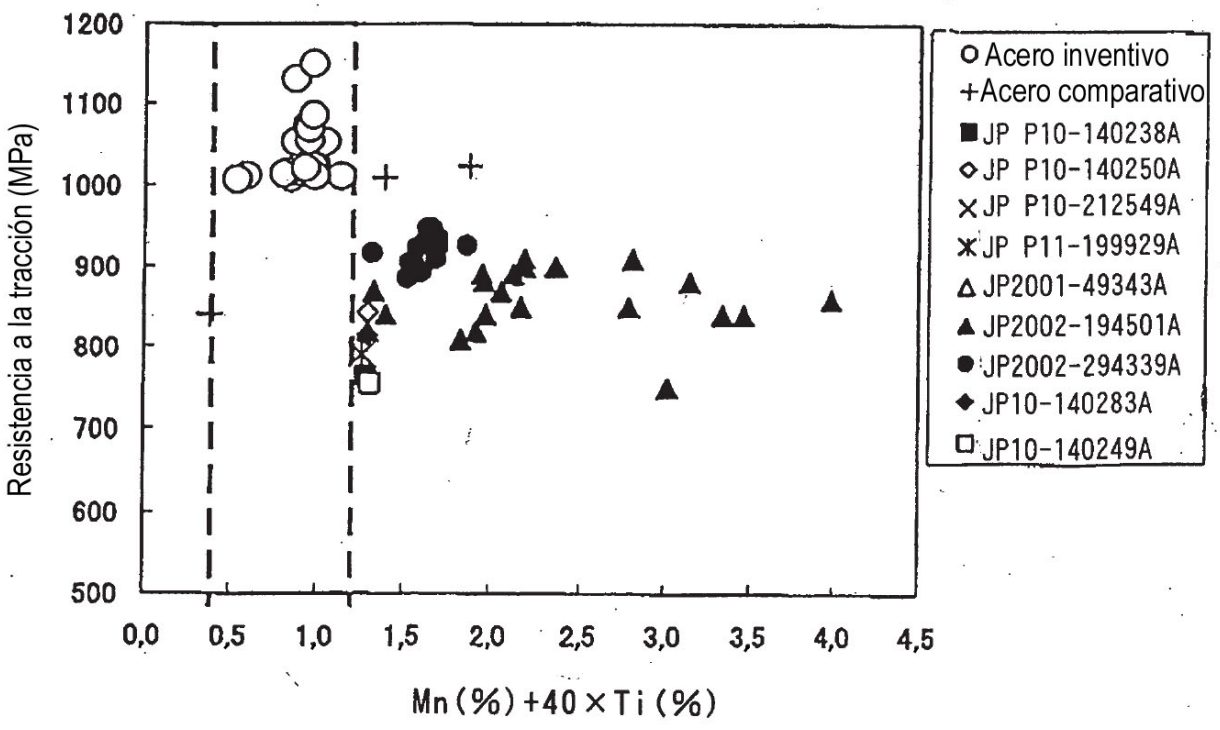
1200
1100
1000
900
800
700
600
500
Resistencia a la tracción (MPa)
0,0
0,5
1,0
1,5
2,0
2,5
3,0
3,5
4,0
4,5
Mn(%)+40×Ti(%)
Acero inventivo
+Acero comparativo
JP P10-140238A
JP P10-140250A
JP P10-212549A
JP P11-199929A
JP2001-49343A
JP2002-194501A
JP2002-294339A
JP10-140283A
JP10-140249A

Fig. 2