

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 433 721**

51 Int. Cl.:

**C21D 8/10** (2006.01)

**C22C 38/44** (2006.01)

**C22C 38/42** (2006.01)

**B21B 3/02** (2006.01)

**C21D 6/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.06.2008 E 08790632 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.09.2013 EP 2163655**

54 Título: **Procedimiento para la producción de tuberías en acero fuertemente aleado**

30 Prioridad:

**02.07.2007 JP 2007173638**

**21.01.2008 JP 2008010557**

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

**12.12.2013**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**SAGARA, MASAYUKI;**  
**SUWABE, HITOSHI;**  
**AMAYA, HISASHI;**  
**KIMURA, SHIGEMITSU y**  
**IGARASHI, MASAOKI**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

**ES 2 433 721 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).

**DESCRIPCION**

Procedimiento para la producción de tuberías en acero fuertemente aleado

5 **Ámbito técnico**

La presente invención se refiere a un método para la fabricación de tuberías en acero fuertemente aleado (en adelante, llamadas simplemente "tuberías"), de una excelente ductilidad a temperatura normal. Más particularmente se refiere a un método para la fabricación de una tubería fuertemente aleada que puede trabajarse en caliente para la fabricación de tuberías, y que tiene una suficiente ductilidad cuando además se efectúa el trabajado en frío para obtener una mayor resistencia después de la fabricación de la tubería.

## Antecedentes de la técnica

15 Para pozos de petróleo y pozos de gas (en adelante llamados simplemente "pozos de petróleo") en un ambiente fuerte o severamente corrosivo, se han empleado tuberías fuertemente aleadas con una aleación alta en Cr – alta en Ni, como tuberías de pozos de petróleo. Con el fin de emplearlas en un ambiente más severo que el ambiente convencional, ha sido solicitada una tubería fuertemente aleada, de alta resistencia, especialmente tan alta como 110 hasta 140 grados ksi (mínima resistencia a la flexión: 757,3 a 963,8 MPa), y teniendo también una alta resistencia a la corrosión. En el caso en que la tubería fuertemente aleada y de alta resistencia se emplea como una tubería de un pozo de petróleo en un ambiente en el cual se aplica una fuerza de flexión o una fuerza de tracción, han sido requeridas tanto la resistencia como una alta ductilidad, debido a que pueden producirse un pandeo, una rotura, y similares. Por ejemplo, la norma ISO 13680 "El petróleo y las industrias de gas natural – Tubos sin costura, de aleación resistente a la corrosión, para emplear como stock de camisas, tuberías y acoplamientos – Condiciones técnicas de suministro", especifica que la elongación a las fuerzas límite de elasticidad de grado 110 ksi (757,3 MPa), de grado 125 ksi (860,5 MPa), y de grado 140 ksi (963,8 MPa) deberían ser un 11 % ó mayor, un 10 % ó mayor, y un 9 % ó mayor, respectivamente. Así, con la finalidad de emplearla en un ambiente severo, ha sido requerida una tubería fuertemente aleada, teniendo además una alta elongación.

30 Además, desde el punto de vista de la fabricación, la tubería fuertemente aleada se fabrica a partir de un tocho de alta aleación en procesos de trabajo en caliente mediante procesos de fabricación de tuberías por extrusión, incluyendo el proceso de Ugine – Sejournet, el proceso Mannesmann de fabricación de tuberías, o similares. En estos procesos se requiere también una excelente trabajabilidad en caliente,

35 Los documentos de patente 1 y 2, describen un acero inoxidable austenítico en el cual con el fin de prevenir que ocurra la formación de fisuras intergranular cuando una pieza de fundición de acero de alta aleación fabricada mediante fundición en continuo, se enrolla en caliente, la trabajabilidad en caliente mejora mediante el control del contenido de S y el contenido de O hasta un margen definido por una expresión en relación al contenido de Ca y al contenido de Ce. Sin embargo no ha sido estudiado ningún diseño de material en el cual se tenga en consideración el aumento de la ductilidad a la vez que la aleación alta de Cr –aleación alta de Ni, se somete a un proceso final de trabajado en frío para fortalecer la aleación.

45 Por otra parte, los documentos de patente 3 al 6, describen un método para la obtención de una tubería de pozo de petróleo fuertemente aleada, de alta resistencia, sometiendo una aleación alta en Cr - alta en Ni, a un trabajado en caliente y a un tratamiento en solución, y a continuación un trabajado en frío hasta un ratio de reducción del grueso de pared de un 10 a un 60 %.

50 Además, el documento de patente 7 describe una aleación austenítica excelente en cuanto a la resistencia a la corrosión en un ambiente de sulfuro de hidrógeno, la cual se trabaja en frío, mediante el control de las formas de las inclusiones con La, Al, Ca y O contenidas en una relación específica. El trabajado en frío en esta invención se efectúa para dar resistencia; desde el punto de vista de la resistencia a la corrosión, el ratio de reducción del grueso de pared se define como de un 30 % ó menos.

55 Asimismo, el documento de patente 8 describe una aleación alta en Cr - alta en Ni, en la cual el contenido de Cu y Mo están ajustados para aumentar la resistencia SCC en un ambiente de sulfuro de hidrógeno, y describe que es preferible que la resistencia esté controlada por un trabajado en frío efectuado posteriormente con un ratio de trabajado del 30 % ó menos, después del trabajado en caliente.

60 Documento de patente 1: JP 59-182956 A  
 Documento de patente 2: JP 60-149748 A  
 Documento de patente 3: JP 58-6927 A  
 Documento de patente 4: JP 58-9922A  
 Documento de patente 5: JP58-11735A  
 Documento de patente 6: US4421571A  
 65 Documento de patente 7: JP63-274743A  
 Documento de patente 8: JP11-302801A

Descripción de la invención

Problemas que soluciona la invención

5 Desafortunadamente, puesto que la ductilidad del material de alta resistencia disminuye naturalmente, en el caso en donde se emplea el material de alta resistencia en un ambiente en el cual se aplica una fuerza de flexión o una fuerza de tracción como por ejemplo en una tubería de pozo petrolífero, puede ocurrir un pandeo, una rotura o similar. Sin embargo, todos los documentos de patente antes mencionados, no sugieren ningún aumento de la ductilidad.

10 La presente invención se ha desarrollado en vista de las anteriores circunstancias, y de acuerdo con ello, un objetivo de la misma es el de proporcionar un método para la fabricación de una tubería fuertemente aleada que pueda trabajarse en caliente para la manufactura de tuberías, que tenga una suficiente ductilidad y que tenga una excelente resistencia a la corrosión también después del trabajado en frío para la obtención de una alta resistencia después de la fabricación de la tubería.

Medios para solucionar los problemas

20 Para solucionar el problema descrito anteriormente, los presentes inventores desarrollaron varios estudios y experimentos sobre la trabajabilidad en caliente y la ductilidad después del trabajado en frío, y en consecuencia, obtuvieron los hallazgos que se mencionan en los siguientes párrafos, desde el (a) hasta el (e): La solución viene dada en la reivindicación 1.

25 (a) Una tubería de alta aleación empleada para un pozo de petróleo en un profundo o severo ambiente corrosivo, se somete a una prueba de resistencia a la corrosión. Cuando la composición química básica de la tubería de alta aleación es desde un 20 hasta un 30 % de Cr, desde un 22 hasta un 40 % de Ni, y desde un 0,1 hasta un 4 % de Mo, el contenido de C debe reducirse desde el punto de vista de la resistencia a la corrosión.

30 (b) Si el contenido de C se reduce, la resistencia puede posiblemente quedarse corta sin un ulterior tratamiento. Por lo tanto, es preferible que el contenido de N sea mayor para aumentar la resistencia mediante el fortalecimiento de la solución sólida debido al N.

35 (c) Si el contenido de N aumenta, la trabajabilidad en caliente puede posiblemente deteriorarse, y un defecto originado cuando la tubería se trabaja en caliente en la fabricación de tuberías, puede posiblemente conducir a un defecto del producto. Sin embargo se ha descubierto que la tubería puede trabajarse en caliente para la fabricación de tuberías, regulando el valor resultante del producto aritmético del contenido de N por el contenido de O, a fin de que este valor no sea mayor que un valor predeterminado como se muestra en la fórmula (1):

40 
$$N \times O \leq 0,001 \quad \dots (1)$$

en donde N y O son los contenidos (en tanto por ciento de la masa) de los respectivos elementos.

45 El límite superior del producto aritmético del contenido de N por el contenido de O es de preferencia, 0,0007, con más preferencia 0,0005.

50 (d) Una tubería fuertemente aleada, conformada por el trabajado en caliente, debe ser posteriormente reforzada mediante el subsiguiente tratamiento en frío y un material con un alto contenido en N puede producir una alta resistencia en la resistencia del material sometido al tratamiento en caliente de la solución. Por lo tanto después de que se haya conformado la tubería con el material fuertemente aleado, puede asegurarse una resistencia deseada incluso con un bajo ratio de trabajo (reducción de la superficie) sin aumentar excesivamente el ratio de trabajo en el momento del trabajo en frío. Así, empleando un material con un alto contenido de N, puede evitarse una disminución de la ductilidad a temperatura normal (elongación en el ensayo de tracción) causado por un alto ratio de trabajo.

55 (e) Para obtener una tubería fuertemente aleada con una alta ductilidad a temperatura normal, basada en los descubrimientos antes descritos, los presentes inventores investigaron a fondo la relación entre el ratio de trabajo y el contenido de N en el procesó final de trabajo en frío después del tratamiento térmico de la solución. Como resultado se descubrió que el componente aleación y el ratio de trabajo ejercen una influencia sobre la resistencia y la ductilidad a temperatura normal (elongación), y cuando el contenido de los elementos específicos de la aleación se aumentan, o cuando el ratio de trabajo en frío se aumenta, la ductilidad a temperatura normal disminuye aunque la resistencia aumente. Por lo tanto se descubrió que con el fin de obtener una tubería segura fuertemente aleada, la alta resistencia deseada y una alta ductilidad a temperatura normal (elongación), el contenido en N debía ser regulado de forma que fuera desde el 0,06 % hasta el 0,30 %, y también, poniendo atención a la cantidad (C + N), la cual es la suma del contenido de C y el contenido de N, y al ratio de trabajo que ejerce una gran influencia sobre la resistencia, debiendo mantenerse el ratio de trabajo Rd (%) en la reducción de la superficie a 370 x (C + N) ó menos.

También se descubrió que, para obtener la resistencia deseada, el ratio de trabajo  $R_d$  (%) en la reducción de la superficie debe ser de 15 ó mayor.

Es decir, se descubrió que una tubería fuertemente aleada con una alta resistencia y una alta ductilidad a temperatura normal, puede obtenerse efectuando el trabajo en frío a un ratio de trabajo expresado por la fórmula (2):

$$15 \leq R_d (\%) \leq 370 \times (C + N) \quad \dots(2)$$

En donde C y N son los contenidos (en tanto por ciento en masa) de los respectivos elementos, y  $R_d$  es el ratio de trabajo (%) en la reducción de la superficie.

El límite superior preferido de  $R_d$  (%) es de  $325 \times (C+N)$  siendo el límite superior más preferido del mismo,  $280 \times (C+N)$ .

La presente invención ha sido completada sobre la base de los nuevos descubrimientos descritos más arriba y lo esencial de los mismos viene resumido en los siguientes párrafos (1) y (2). Más adelante, esos resúmenes reciben el nombre de la presente invención (1) y la presente invención (2). La presente invención (1) y la presente invención (2) algunas veces son llamadas genéricamente, la presente invención.

(1) Un método para la fabricación de una tubería fuertemente aleada, caracterizado porque comprende,

el conformado, mediante el trabajado en caliente de una tubería de material fuertemente aleado el cual tiene una composición química que consta en tanto por ciento en masa de, C: 0,03 % ó menos, Si: 1,0 % ó menos, Mn: desde 0,5 hasta 0,75 %, P: 0,03 % ó menos, S: 0,03 % ó menos, Ni: más de un 22 % y no más de un 40 %, Cr: desde un 20 hasta un 30 %, Mo: no menos de un 0,1 % y menos de un 4,0 %, Cu: desde un 0,1 hasta un 4,0 %, Al: desde un 0,001 hasta un 0,30 %, N: desde un 0,06 % hasta un 0,30 %, y O: 0,010 % ó menos, opcionalmente conteniendo una o más clases de Ca: 0,01 % ó menos, Mg: 0,01 % ó menos, y elementos de las tierras raras: 0,2 % o menos, siendo el resto, Fe e impurezas, y que satisface la fórmula efectuando un trabajo en frío para conformar la tubería fuertemente aleada,

en donde el proceso final de trabajado en frío se efectúa bajo la condición de que un ratio de trabajo  $R_d$  en la reducción de superficie satisface la forma (2):

$$N \times O \leq 0,001 \quad \dots(1)$$

$$15 \leq R_d (\%) \leq 370 \times (C + N) \quad \dots(2)$$

en donde N, O y C son los contenidos (en tanto por ciento en masa) de los respectivos elementos, y  $R_d$  es el ratio de trabajo (%) en la reducción de la superficie.

#### Ventajas de la invención

De acuerdo con la presente invención, puede proporcionarse un método para la fabricación de una tubería fuertemente aleada la cual puede ser trabajada en caliente para la fabricación de tuberías y tiene una excelente ductilidad y una excelente resistencia a la corrosión también después del trabajo en frío, para la obtención de una alta resistencia después de la fabricación de la tubería.

El mejor método para llevar a cabo la invención

Se describen a continuación, las razones para la composición química de un acero fuertemente aleado empleado en el método de fabricación de una tubería fuertemente aleada, de acuerdo con la presente invención. El término "%" del contenido de cada elemento, significa "tanto por ciento de la masa".

C: Un 0,03 % ó menos

El C (carbono) forma los carburos Cr en los límites de los granos de cristal si el contenido de los mismos excede el 0,03 % que resulta de una susceptibilidad aumentada a la formación de fisuras por corrosión por tensiones en el límite del grano. Por lo tanto el límite superior del contenido de C está definido como del 0,03 %. El límite superior preferido del mismo es el 0,02 %.

Si: 1,0 % ó menos

El Si (silicio) es un elemento eficaz como desoxidante para una aleación, y puede estar contenido si es necesario. Sin embargo, si el contenido de Si excede el 1,0 %, la trabajabilidad en caliente se deteriora; por lo tanto, el contenido de Si se define como de un 1,0 % ó menos. El contenido de Si preferido es del 0,5 % ó menos.

Mn: Desde un 0,5 hasta un 0,75 %

5 El Mn (manganeso) es, como el Si, un elemento eficaz como desoxidante para una aleación, y este efecto puede lograrse con un contenido del 0,05 % ó mayor. Sin embargo, si el contenido de Mn excede el 1,5 %, la trabajabilidad en caliente se deteriora. El contenido en Mn se define como desde un 0,5 hasta un 0,75 %.

P: Un 0,03 % ó menos

10 El P (fósforo) está contenido como una impureza, y si el contenido del mismo excede del 0,03 %, la susceptibilidad a la formación de fisuras por corrosión por tensiones en una atmósfera de sulfuro de hidrógeno, aumenta. Por lo tanto, el límite superior del contenido en P se define como de un 0,03 % ó menos. El límite superior preferido del mismo es de un 0,025 % .

15 S: Un 0,03 % ó menos

20 El S (azufre) está, como el P, contenido como impureza, y si el contenido del mismo excede de un 0,03 %, la trabajabilidad en caliente se deteriora considerablemente. Por lo tanto, el límite superior del contenido en S se define como de un 0,03 %. El límite superior preferido del mismo es de un 0,005 %.

Ni: Más de un 22 % y no más de un 40 %

25 El Ni (níquel) tiene la función de mejorar la resistencia a la corrosión por el sulfuro de hidrógeno. Sin embargo, si el contenido en Ni es del 22 % ó menos, se forma una película de sulfuro de Ni sobre la superficie externa de la aleación que es insuficiente, de manera que el efecto del componente Ni no se consigue. Por otra parte, si el contenido es superior al 40 % de Ni, el efecto se satura, pero el coste de la aleación aumenta, reduciéndose la eficacia económica. Por lo tanto el contenido en Ni se define como más de un 22 % y no más de un 40 %. El margen preferido del mismo es del 25 al 37 %, con más preferencia no menos del 27 % y menos del 35 %.

30 Cr: Desde un 20 hasta un 30 %

35 El Cr (cromo) es un componente efectivo para aumentar la resistencia a la corrosión por el sulfuro de hidrógeno representada por la resistencia a la formación de fisuras por corrosión por tensiones, en coexistencia con el Ni. Sin embargo si el contenido en Cr es menos de un 20 %, este efecto no puede lograrse. Por otra parte si el contenido en Cr sobrepasa el 30 %, el efecto se satura, lo cual es indeseable desde el punto de vista de la trabajabilidad en caliente. Por lo tanto, el contenido en Cr se define como del 20 al 30 %. El margen de preferencia del mismo es del 22 al 28 %.

40 Mo: no menos de un 0,1 % y menos de un 4,0 %

45 El Mo (molibdeno) tiene la función de aumentar la resistencia a la formación de fisuras por corrosión por tensiones en coexistencia con el Ni y el Cr. Sin embargo, si el contenido de Mo es inferior a un 0,01 %, este efecto es insuficiente. Por otra parte, si el contenido en Mo es de un 4,0 % o más, el efecto se satura, y un contenido excesivo deteriora la trabajabilidad en caliente.

El contenido en Mo se define como no menor de un 0,1 % y menor de un 4,0 %. El margen preferido del mismo es menor del 3,4 %, siendo el margen más preferido desde un 0,1 hasta un 3,0 %. Con el fin de obtener una mejor resistencia a la formación de fisuras por corrosión por tensiones, el límite inferior del contenido en Mo es de preferencia de un 1,5 %. El límite inferior más preferido del mismo es de un 2,0 %.

50 Cu: Desde un 0 hasta un 4,0 %

55 El Cu (cobre) tiene la función de aumentar considerablemente la resistencia a la corrosión por el sulfuro de hidrógeno en una atmósfera de sulfuro de hidrógeno, y cuando se desea lograr este efecto, el contenido está en un 0,1 % ó más de Cu. Sin embargo si el contenido de Cu excede un 4,0 %, el efecto se satura, y la trabajabilidad en caliente se deteriora inversamente. Por lo tanto, cuando el Cu está contenido, el límite superior del contenido en Cu se define como de un 4,0 %. El margen del contenido en Cu es de preferencia desde un 0,2 hasta un 3,5 %. El margen más preferido del mismo es desde un 0,5 hasta un 2,0 %.

Al: Desde un 0,001 hasta un 0,30 %

60 El Al (aluminio) es un elemento eficaz como desoxidante para una aleación. Para prevenir que el Si ó el Mn formen el óxido de Si ó de Mn, los cuales son dañinos para la trabajabilidad en caliente, es necesario un 0,001 % ó más de Al para fijar el oxígeno. Sin embargo, si el contenido en Al excede el 0,30 %, la trabajabilidad en caliente se deteriora. Por lo tanto, el contenido en Al se define como desde un 0,001 hasta un 0,30 %. El margen preferido del mismo es desde un 0,01 hasta un 0,20 %. El margen desde un 0,01 hasta un 0,10 % es el más preferido.

65

Desde un 0,06 hasta un 0,30 %

El N (nitrógeno) es un importante elemento en la presente invención. Para la alta aleación de la presente invención el contenido de C debe ser reducido desde el punto de vista de la resistencia a la corrosión. Por lo tanto, el N está contenido positivamente para alcanzar una alta resistencia mediante el fortalecimiento de la solución sólida sin deteriorar la resistencia a la corrosión. Además, una tubería de material sometido a un tratamiento térmico de la solución puede proporcionar una alta resistencia mediante un alto contenido de N. Por lo tanto, puede asegurarse una alta resistencia incluso con un bajo ratio de trabajo (reducción de la superficie) sin aumentar excesivamente el ratio de trabajo a la vez que se realiza además el trabajo en frío, de manera que puede restringirse una disminución en la ductilidad debido a un alto ratio de trabajo. Para lograr este efecto, por lo menos debe estar contenido un 0,06 % de N. Por otra parte, si el contenido de N excede un 0,30 %, la trabajabilidad en caliente se deteriora. Por lo tanto, el contenido en N está definido desde un 0,06 % hasta un 0,30 %. El margen preferido del mismo es desde un 0,06 hasta un 0,22 %.

O: Un 0,010 % ó menos

El O (oxígeno) está contenido como una impureza, y si el contenido en O excede de un 0,010 %, la trabajabilidad en caliente se deteriora. Por lo tanto, el contenido en O está definido como de un 0,010 % ó menos.

N x O: 0,001 ó menos

En la presente invención, puesto que el N está contenido en grandes cantidades, de manera que el contenido en N es desde un 0,06 % hasta un 0,30 %, la trabajabilidad en caliente se deteriora fácilmente. Por lo tanto, el producto aritmético del contenido en N (%) por el contenido en O (%) debe ser de 0,001 % ó menos.

El acero de alta aleación de acuerdo con la presente invención, puede contener además una o más clases de Ca, Mg y elementos de las tierras raras (REM) además de los elementos de aleación descritos anteriormente. La razón del por qué estos elementos están contenidos y los contenidos de estos elementos que hay que añadir, se describen más adelante.

Una o más clases de Ca: un 0,01 % ó menos, Mg: un 0,01 % ó menos, y elementos de las tierras raras: un 0,2 % ó menos.

Estos componentes pueden estar contenidos si es necesario. Si alguno de estos componentes está contenido, se logra un aumento de la trabajabilidad en caliente. Sin embargo si el contenido de cualquiera de los dos, Ca ó Mg, excede del 0,01 %, ó si el contenido de cualquiera de los REM excede del 0,2 %, se producen óxidos gruesos, y la trabajabilidad en caliente en cambio, se deteriora. Por lo tanto, si estos elementos están contenidos, los límites superiores del contenido de Ca y del contenido de Mg están definidos como de un 0,01 %, y el límite superior del contenido de REM se define como de un 0,2 %. Con el fin de lograr con seguridad el efecto de mejorar la trabajabilidad en caliente, están contenidos de preferencia un 0,0005 % ó más de Ca y Mg, y un 0,001 % ó más de REM. El REM es un término general de 17 elementos que incluye 15 elementos lantanoides e Y y Sc.

La tubería fuertemente aleada, de acuerdo con la presente invención, la cual contiene los elementos esenciales anteriormente descritos o además los elementos opcionales, siendo el resto Fe y las impurezas, puede fabricarse empleando el equipo de fabricación y el método de fabricación que se emplea habitualmente para la producción industrial. Por ejemplo, para la fusión de la aleación, puede emplearse un horno eléctrico, un horno Ar-O<sub>2</sub> de descarburación mezclado con gas de fondo soplado (horno AOD), un horno de descarburación al vacío (horno VOD), ó similares. El metal fundido obtenido se puede colar formando un lingote o se puede moldear en un tocho en forma de barra, etc, mediante el proceso de colada continua. Cuando se emplea un molde, la tubería de alta aleación puede fabricarse en procesos de trabajo en caliente mediante procesos de fabricación de tuberías por extrusión, incluyendo el proceso de Ugine-Sejournet, el proceso de fabricación de tuberías Mannesmann, o similares. La tubería trabajada en caliente puede convertirse en una tubería de producto con una deseada resistencia mediante el trabajado en frío, como por ejemplo la laminación en frío o el estirado en frío, realizados después del tratamiento térmico de la solución.

#### Ejemplo 1

Las aleaciones con una composición química dada en la tabla 1, se fundieron en un horno eléctrico, y el ajuste de los componentes se hizo de forma que se obtuviera la composición química deseada; a continuación, las aleaciones se fundieron mediante un método en el cual el tratamiento de descarburación y el tratamiento de desulfurización se efectúan empleando un horno AOD. El metal fundido obtenido se coló en un lingote con un peso de 1500 kilos y un diámetro de 500 mm.

Tabla 1

Test. No.	Composición química (% de masa, siendo el balance Fe e impurezas)													370 * (C+H)	N x O	Rd (%)	YS (MPa)	TS (MPa)	EL	Reducción de área (%)	Grado	
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mb	Cu	Al	N	O	Ca									
1	0.020	0.23	0.59	0.020	0.0003	30.15	24.51	2.77	0.77	0.036	0.0797	0.0050	0.0020	36.9	0.00040	21.7	794.3	858.0	23.4	73	La presente invención	110ksi
2	0.020	0.31	0.59	0.021	0.0002	30.13	24.71	2.77	0.80	0.037	0.0828	0.0050	0.0018	38.0	0.00041	23.4	825.7	886.5	22.9	70		
3	0.020	0.24	0.59	0.021	0.0003	30.16	24.77	2.78	0.81	0.037	0.0797	0.0050	0.0019	36.9	0.00040	23.4	829.6	884.6	22.4	68		
4	0.020	0.32	0.61	0.020	0.0002	30.35	24.84	2.83	0.74	0.033	0.0820	0.0050	0.0016	37.7	0.00041	23.4	843.3	893.3	22.0	69		
5	0.020	0.19	0.61	0.021	0.0004	30.10	24.56	2.77	0.78	0.036	0.0835	0.0050	0.0017	38.3	0.00042	23.4	840.4	897.2	21.1	69		
6	0.019	0.32	0.60	0.022	0.0002	30.06	24.57	2.75	0.81	0.038	0.0845	0.0050	0.0030	38.3	0.00042	23.4	845.3	891.4	21.1	80		
7	0.020	0.24	0.59	0.023	0.0003	30.33	24.72	2.76	0.76	0.034	0.0803	0.0048	0.0032	37.1	0.00039	23.4	849.2	897.2	20.3	79		
8	0.018	0.30	0.59	0.021	0.0003	30.17	24.71	2.79	0.81	0.037	0.0849	0.0045	0.0022	38.1	0.00038	23.1	811.9	863.9	25.3	72		
9	0.020	0.23	0.59	0.020	0.0003	30.15	24.51	2.77	0.77	0.036	0.0797	0.0041	0.0020	36.9	0.00033	23.1	803.1	856.1	25.5	68		
10	0.019	0.30	0.59	0.023	0.0003	30.15	24.52	2.77	0.77	0.036	0.0789	0.0038	0.0032	36.2	0.00030	23.1	824.7	874.7	23.9	79		
11	0.019	0.23	0.58	0.021	0.0003	30.13	24.51	2.77	0.78	0.031	0.0801	0.0037	0.0015	36.7	0.00030	23.1	831.5	881.6	23.4	71		
12	0.021	0.26	0.59	0.021	0.0004	30.31	24.83	2.79	0.77	0.030	0.0871	0.0042	0.0019	40.0	0.00037	23.1	839.4	883.5	24.0	74		
13	0.018	0.25	0.60	0.021	0.0003	30.15	24.92	2.86	-	0.042	0.0798	0.0035	0.0020	36.2	0.00028	23.1	826.6	877.6	25.5	79		
14	0.019	0.23	0.59	0.020	0.0005	30.55	24.81	2.89	0.82	0.040	0.0827	0.0041	0.0017	37.6	0.00034	21.9	840.4	880.6	18.0	71		
15	0.020	0.24	0.58	0.021	0.0005	30.41	24.93	2.84	0.82	0.041	0.0790	0.0044	0.0020	38.6	0.00035	21.9	841.4	870.8	18.2	75		
16	0.020	0.29	0.58	0.019	0.0002	30.26	24.89	2.75	0.72	0.037	0.0827	0.0038	0.0020	38.0	0.00031	21.9	833.5	868.6	18.6	72		
17	0.018	0.21	0.59	0.023	0.0005	30.26	24.79	2.84	0.80	0.033	0.0802	0.0048	-	36.3	0.00039	21.9	847.2	892.3	17.4	66		
18	0.019	0.29	0.59	0.006	0.0007	25.18	24.87	0.37	2.96	0.09	0.0838	0.0025	0.0011	38.0	0.00021	23.4	783.2	830.7	21.0	66		
19	0.019	0.28	0.58	0.006	0.0004	24.80	24.51	0.32	2.84	0.08	0.0799	0.0023	0.0012	36.6	0.00018	28.3	823.2	861.8	20.1	65		
20	0.021	0.19	0.58	0.021	0.0002	30.29	24.87	2.78	0.78	0.040	0.0808	0.0048	0.0017	37.7	0.00039	32.5	884.5	945.3	16.8	73		
21	0.022	0.24	0.60	0.020	0.0002	30.27	24.82	2.76	0.76	0.042	0.0794	0.0042	0.0020	37.5	0.00033	32.5	906.1	958.0	16.3	71		
22	0.018	0.23	0.59	0.022	0.0005	30.37	24.94	2.86	0.80	0.039	0.0850	0.0049	0.0022	38.1	0.00042	32.5	876.7	950.2	16.3	70		
23	0.020	0.22	0.58	0.021	0.0005	30.49	24.87	2.87	0.76	0.044	0.0817	0.0043	0.0017	37.6	0.00035	32.5	918.8	971.6	14.8	69		
24	0.019	0.22	0.60	0.021	0.0003	30.23	24.88	2.83	0.77	0.033	0.0856	0.0032	0.0019	38.7	0.00027	32.5	884.5	962.0	16.7	75		
25	0.021	0.19	0.58	0.021	0.0002	30.29	24.87	2.78	0.78	0.040	0.0808	0.0036	0.0017	37.7	0.00029	32.5	902.2	954.1	16.0	74		
26	0.012	0.24	0.57	0.023	0.0002	30.71	25.26	2.83	0.78	0.132	0.1960	0.0031	0.0027	77.0	0.00061	28.0	1025.4	1075.7	20.5	65		
27	0.019	0.25	0.57	0.023	0.0004	30.16	24.88	2.87	0.79	0.041	0.0810	0.0047	0.0023	37.0	0.00038	40.0	1032.6	1083.6	8.0	70		
28	0.020	0.26	0.58	0.020	0.0003	30.25	24.67	2.84	0.80	0.037	0.0540	0.0043	0.0026	27.4	0.00023	28.0	803.3	856.1	11.0	80		
29	0.020	0.25	0.60	0.021	0.0004	30.35	25.13	2.81	0.80	0.039	0.1330	0.0150	0.0012	56.6	0.00200	21.7	956.9	1008.1	19.0	30		

Cx. El comparativo

\* Ejemplo de referencia

Los lingotes que tienen la composición química que figura en la tabla 1 fueron sometidos al tratamiento descrito a continuación. En primer lugar, los lingotes se calentaron a 1250 °C y cada uno de ellos se conformó en forma de una barra con un diámetro de 150 mm mediante forjado en caliente a 1200 °C.

5 Para evaluar la trabajabilidad en caliente a partir de este material conformado, una muestra en forma de una barra redonda con una parte paralela al diámetro de 10 mm y una parte paralela de 100 mm de longitud se muestreó de conformidad con la norma JIS G0567. La muestra se calentó a 900 °C y se mantuvo a esta temperatura durante 10 minutos; a continuación se efectuó un ensayo de tracción a alta temperatura con una velocidad de deformación de 0,3 %/minuto para determinar la reducción del área. Los resultados figuran también en la tabla 1.

10 Además, el material conformado se cortó a una longitud de 1000 mm para obtener un tocho para la fabricación de la tubería por extrusión. A continuación, empleando este tocho se conformó una tubería del material para el trabajo en frío mediante el proceso de fabricación de tuberías por extrusión empleando el proceso Ugine-Sejournet.

15 Después de suavizar el tratamiento térmico, la tubería del material obtenido para el trabajo en frío se elaboró una vez o una pluralidad de veces durante el trabajo de estirado en frío, y a continuación se sometió la solución a un tratamiento térmico con la condición de mantenerse a 1100 °C durante 0,5 horas y enfriado con agua. En consecuencia, el trabajo de enfriado final se efectuó mediante un método de estirado empleando un tapón y una tobera para obtener una tubería fuertemente aleada con el nivel deseado de resistencia de la tubería.

20 La tabla 2 da las dimensiones antes y después del trabajado final en frío y, el ratio de trabajado en frío (reducción del área), y el nivel deseado de resistencia de la tubería (límite elástico mínimo) de cada número del ensayo.

[Tabla 2]

25



Tabla 2

Ensayo n°	Dimensión antes del trabajo final en frío (diámetro exterior x grueso de pared) (mm)	Dimensión después del trabajo final en frío (diámetro exterior x grueso de la pared) (mm)	Ratio del trabajo en frío en la reducción del área Rd (%)	Nivel de resistencia de la tubería deseada (límite elástico mínimo)
1	194.0x10.85	178.5x9.19	21.7	757.3MPa(110ksi)
2 - 7	194.0x11.10	178.5x9.19	23.4	ibid.
8-12	194.0x12.48	178.5x10.36	23.1	ibid.
14 - 17	97.0x7.66	89.3x6.45	21.9	ibid.
18	194.0x11.00	178.5x9.10	23.4	ibid.
19	194.0x11.80	178.5x9.10	28.3	ibid.
20 - 25	85.0x10.08	73.0x7.82	32.5	860.5MPa (125ksi)
26	194.0x11.87	178.5x9.19	28.0	963.8MPa(140ksi)
27	97.0x10.26	89.3x6.45	40.0	963.8MPa(140ksi)
28	85.0x9.36	73.0x7.82	28.0	757.3MPa(110ksi)
29	194.0x10.85	178.5x9.19	21.7	963.8MPa(140ksi)

C\*: El comparativo

13*	194.0 x 12.48	178.5 x 10.36	23.1	ibid.
-----	---------------	---------------	------	-------

\* Ejemplo de referencia

5 Se efectuó un ensayo de tracción preparando una muestra en forma de arco de la tubería fuertemente aleada, obtenida para determinar el límite elástico (0,2 % del límite elástico) YS, resistencia a la tracción TS, y elongación El. Los resultados de dicho ensayo figuran también en la tabla 1.

10 Las tuberías de los ensayos números 1 a 12 y 14 a 26 de acuerdo con la presente invención, tienen el nivel de resistencia de la tubería deseada, y tienen también la elongación suficientemente mayor que el valor de la elongación mínima especificado en la norma ISO. Además, la reducción del área en el ensayo de tracción a alta temperatura tiene un valor suficientemente alto y la trabajabilidad en caliente es también buena.

15 Por otro lado, las tuberías de los ensayos n°s 27 y 28 que pertenecen al comparativo, no satisfacen la fórmula (2), ó sea que la elongación es insuficiente aunque la resistencia sea alta. También la tubería del ensayo n° 29 que pertenece al comparativo, no satisface la fórmula (1), ó sea que la trabajabilidad en caliente es mala.

Aplicabilidad industrial

5 De acuerdo con la presente invención, puede proporcionarse un método para la fabricación de una tubería de alta aleación que puede trabajarse en caliente para la fabricación de tuberías y tiene una excelente ductilidad y una excelente resistencia a la corrosión cuando se efectúa además el trabajado en frío para obtener una alta resistencia después de la fabricación de la tubería.

**REIVINDICACIONES**

1. Un método para la fabricación de una tubería altamente aleada, caracterizado porque comprende:

5 la formación mediante trabajado en caliente, de una tubería con un material fuertemente aleado, el cual tiene una composición química que consiste en, expresado en tanto por ciento de la masa, C: un 0,03 % ó menos, Si: un 1,0 % ó menos, Mn: desde un 0,5 hasta un 0,75 %, P: un 0,03 % ó menos, S: un 0,03% ó menos, Ni: más de un 22 % y no más de un 40 %, Cr: desde un 20 hasta un 30 %, Mo: no menos de un 0,1 % y menos de un 4,0 %, Cu: desde un 0,1 hasta un 4,0 %; Al: desde un 0,001 hasta un 0,30 %, N: desde un 0,06 hasta un 0,30 %, y O: un 0,010 % ó menos, opcionalmente conteniendo una o más clases de Ca: un 0,01 % ó menos, Mg: un 0,01 % ó menos, y elementos de las tierras raras: un 0,2 % ó menos, y siendo el resto, Fe e impurezas, y que satisface la fórmula (1) para el producto aritmético del contenido de N por el contenido de O; y a continuación efectuando el trabajado en frío para dar forma a la tubería de alta aleación,

15 en donde el proceso final de trabajado en frío se efectúa en unas condiciones de manera que el ratio de trabajo Rd en la reducción del área, satisface la fórmula (2):

$$N \times O \leq 0,001 \quad \dots (1)$$

20 
$$15 \leq Rd (\%) \leq 370 \times (C + N) \quad \dots (2)$$

en donde N, O y C son los contenidos (en tanto por ciento en masa) de los respectivos elementos, y Rd es el ratio de trabajo (en %) en la reducción del área.