

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 662 381**

51 Int. Cl.:

C22C 38/00	(2006.01)	C21D 9/48	(2006.01)	C22C 38/22	(2006.01)
B21D 22/20	(2006.01)	C22C 38/02	(2006.01)		
C21D 1/18	(2006.01)	C22C 38/04	(2006.01)		
C21D 9/00	(2006.01)	C22C 38/06	(2006.01)		
C21D 9/46	(2006.01)	C22C 38/38	(2006.01)		
C22C 38/58	(2006.01)	C22C 38/32	(2006.01)		
C21D 1/25	(2006.01)	C22C 38/28	(2006.01)		
C21D 1/673	(2006.01)	C22C 38/26	(2006.01)		
C21D 6/00	(2006.01)	C22C 38/24	(2006.01)		
C21D 7/13	(2006.01)	C22C 38/20	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **12.09.2014 PCT/JP2014/074184**

87 Fecha y número de publicación internacional: **26.03.2015 WO15041159**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.09.2014 E 14845667 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.01.2018 EP 3020845**

54 Título: **Pieza estampada en caliente y método de fabricación de la misma**

30 Prioridad:

18.09.2013 JP 2013193124

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

06.04.2018

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**KAWASAKI, KAORU;
AZUMA, MASAFUMI y
ABUKAWA, GENKI**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 662 381 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

Pieza estampada en caliente y método de fabricación de la misma

Campo de la Técnica

5 La presente invención se refiere a una pieza estampada en caliente usada para una carrocería de automóvil u otros, y a un método de fabricación de la pieza estampada en caliente.

Antecedentes de la técnica

10 En los últimos años, la reducción del peso de una carrocería de automóvil ha sido un tema crucial desde el punto de vista de la protección de los entornos globales, y se han llevado a cabo de forma activa estudios sobre la aplicación de una chapa de acero de alta resistencia a una pieza de carrocería de vehículos. A medida que se ha aumentado aún más la resistencia de la chapa de acero usada, se han convertido en más importantes la consideración sobre su trabajabilidad y su capacidad de fijación. Además, dado que la carga de conformado en el conformado por presión aumenta a medida que aumenta la resistencia de la chapa de acero, el aumento de la capacidad de prensado también se ha convertido en un problema importante.

15 El conformado por estampación en caliente (en adelante, también denominado simplemente como "estampación en caliente") es una técnica en la que se calienta una chapa de acero a alta temperatura en un intervalo de austenita y se somete a un conformado por presión mientras está a alta temperatura. Dado que en el conformado por estampación en caliente se dota de forma a una chapa de acero ablandada, es posible realizar un trabajo más complicado. Además, en el conformado por estampación en caliente, dado que el enfriamiento rápido (temple) se realiza en el mismo momento que el conformado por prensa se provoca que la estructura de la chapa de acero experimente una transformación de la martensita, es posible lograr al mismo tiempo resistencia y fijación de la forma según el contenido de carbono de la chapa de acero. Además, dado que se somete una chapa de acero ablandada a un conformado en un proceso de conformado por estampación en caliente, es posible reducir de forma significativa la carga de conformado en comparación con la carga de conformado por prensa ordinaria que se lleva a cabo a temperatura ambiente.

25 Una pieza estampada en caliente, que se fabrica a través de un conformado por estampación en caliente, especialmente una pieza estampada en caliente usada para una carrocería de automóvil, requiere una excelente tenacidad a baja temperatura. Una pieza estampada en caliente se denomina a veces miembro de chapa de acero. En las Referencias de los Documentos de Patente 1 a 5 se describen las técnicas relacionadas con las mejoras en la tenacidad y en la ductilidad. Sin embargo, las técnicas descritas en las Referencias de los Documentos de Patentes 1 a 5 no pueden proporcionar suficiente tenacidad a baja temperatura. Aunque las Referencias de los Documentos de Patentes 6 a 10 también describen técnicas relacionadas con el conformado por presión en caliente o similares, tampoco pueden proporcionar suficiente tenacidad a baja temperatura.

Lista de citas

Referencias de Documentos de Patentes

35 Referencia de Documento de Patente 1: Publicación de Patente Japonesa Abierta a la Inspección Pública de n.º 2006-152427.

Referencia de Documento de Patente 2: Publicación de Patente Japonesa Abierta a la Inspección Pública de n.º 2012-180594.

40 Referencia de Documento de Patente 3: Publicación de Patente Japonesa Abierta a la Inspección Pública de n.º 2010- 275612.

Referencia de Documento de Patente 4: Publicación de Patente Japonesa Abierta a la Inspección Pública de n.º 2011-184758.

Referencia de Documento de Patente 5: Publicación de Patente Japonesa Abierta a la Inspección Pública de n.º 2008- 264836.

45 Referencia de Documento de Patente 6: Publicación de Patente Japonesa Abierta a la Inspección Pública de n.º 2011-161481.

Referencia de Documento de Patente 7: Publicación de Patente Japonesa Abierta a la Inspección Pública de n.º 07-18322.

Referencia de Documento de Patente 8: Folleto de Publicación Internacional de n.º WO 2012/169640.

50 Referencia de Documento de Patente 9: Publicación de Patente Japonesa Abierta a la Inspección Pública de n.º 2013-14842.

Referencia de Documento de Patente 10: Publicación de Patente Japonesa Abierta a la Inspección Pública de n.º 2005-205477.

Sumario de la invención

Problema técnico

- 5 Es un objetivo de la presente invención proporcionar una pieza estampada en caliente que pueda lograr excelente resistencia a la tracción y tenacidad a baja temperatura, y un método de fabricación de la misma.

Solución al problema

- 10 Los presentes inventores han llevado a cabo estudios intensivos sobre la causa de la dificultad para lograr una suficiente tenacidad a baja temperatura para una pieza estampada en caliente convencional. Como resultado, se ha encontrado que los carburos a base de hierro precipitan en casi todo el límite de grano de la austenita previa y, por lo tanto, es más probable que ocurra una fractura intergranular. Los presentes inventores también han encontrado que la velocidad de enfriamiento durante el conformado por estampación en caliente es un factor importante para inhibir la precipitación de los carburos a base de hierro en el límite de grano de la austenita previa.

- 15 En consecuencia, en base a estos hallazgos, los presentes inventores han llegado a concebir diversos aspectos de la invención que se describen a continuación.

(1) Una pieza estampada en caliente que incluye:

una composición química representada por, en % en masa:

- C: del 0,120 % al 0,400 %;
- Si: del 0,005 % al 2,000 %;
- 20 Mn o Cr, o ambos: del 1,00 % al 3,00 % en total;
- Al: del 0,005 % al 0,100 %;
- B: del 0,0003 % al 0,0020 %;
- P: no más del 0,030 %;
- S: no más del 0,0100 %;
- 25 O: no más del 0,0070 %;
- N: no más del 0,0070 %;
- Ti: del 0 % al 0,100 %;
- Nb: del 0 % al 0,100 %;
- V: del 0 % al 0,100 %;
- 30 Ni: del 0 % al 2,00 %;
- Cu: del 0 % al 2,00 %;
- Mo: del 0 % al 0,50 %;
- Ca o REM (por sus siglas en inglés), o ambos: del 0 % al 0,0300 % en total; y
- el resto: Fe e impurezas; y
- 35 una estructura representada por:
- una fracción de área de la martensita o de la bainita, o de ambas: no menos del 95 % en total;
- un factor de cobertura del límite de grano de la austenita previa por carburos a base de hierro: no más del 80 %;
- y
- una densidad numérica de carburos a base de hierro en los granos de la austenita previa: no menos de $45/\mu\text{m}^2$.
- 40 (2) La pieza estampada en caliente según (1), en donde la composición química satisface:
- Ti: del 0,005 % al 0,100 %;

ES 2 662 381 T3

Nb: del 0,005 % al 0,100 %; o

V: del 0,005 % al 0,100 %; o

cualquier combinación de los mismos.

(3) La pieza estampada en caliente según (1) ó (2), en donde la composición química satisface:

5 Ni: del 0,05 % al 2,00 %;

Cu: del 0,05 % al 2,00 %; o

Mo: del 0,05 % al 0,50 %; o

cualquier combinación de los mismos.

(4) La pieza estampada en caliente según una cualquiera de (1) a (3), en donde la composición química satisface

10 Ca o REM (por sus siglas en inglés), o ambos: del 0,0005 % al 0,0300 % en total.

(5) Un método de fabricación de una pieza estampada en caliente, que incluye las etapas de:

calentar una chapa de acero a una temperatura de no menos del punto Ac3 y no más de 950°C a una velocidad promedio de calentamiento de no menos de 2°C/s;

15 luego, enfriar la chapa de acero a través de un intervalo de temperaturas desde un punto Ar3 a (punto Ms -50)°C a una velocidad promedio de enfriamiento de no menos de 100°C/s mientras se realiza el prensado en caliente; y

luego, enfriar la chapa de acero a través de un intervalo de temperaturas de (punto Ms -50)°C a 100°C a una velocidad promedio de enfriamiento de no más de 50°C/s,

en donde

la chapa de acero incluye una composición química representada por, en % en masa:

20 C: del 0,120 % al 0,400 %;

Si: del 0,005 % al 2,000 %;

Mn o Cr, o ambos: del 1,00 % al 3,00 % en total;

Al: del 0,005 % al 0,100 %;

B: del 0,0003 % al 0,0020 %;

25 P: no más del 0,030 %;

S: no más del 0,0100 %;

O: no más del 0,0070 %;

N: no más del 0,0070 %;

Ti: del 0 % al 0,100 %;

30 Nb: del 0 % al 0,100 %;

V: del 0 % al 0,100 %;

Ni: del 0 % al 2,00 %;

Cu: del 0 % al 2,00 %;

Mo: del 0 % al 0,50 %;

35 Ca o REM (por sus siglas en inglés), o ambos: 0 % - 0,0300 % en total; y

el resto: Fe e impurezas, y

una velocidad máxima de enfriamiento que no es más de 70°C/s y una velocidad mínima de enfriamiento que no es menos de 5°C/s en un intervalo de temperaturas de (punto Ms -120)°C a 100°C.

(6) El método de fabricación de la pieza estampada en caliente según (5), en donde la composición química satisface:

Ti: 0,005 % - 0,100 %;

Nb: 0,005 % - 0,100 %; o

5 V: 0,005 % - 0,100 %; o

cualquier combinación de los mismos.

(7) El método de fabricación de la pieza estampada en caliente según (5) o (6), en donde la composición química satisface:

Ni: 0,05 % - 2,00 %;

10 Cu: 0,05 % - 2,00 %; o

Mo: 0,05 % - 0,50 %; o

cualquier combinación de los mismos.

(8) El método de fabricación de la pieza estampada en caliente según uno cualquiera de (5) a (7), en donde la composición química satisface

15 Ca o REM (por sus siglas en inglés) o ambos: 0,0005 % - 0,0300 % en total.

Efectos ventajosos de la invención

Según la presente invención, es posible lograr excelente resistencia a la tracción y tenacidad a baja temperatura.

Breve descripción de los dibujos

20 La Figura 1 es un diagrama esquemático que ilustra un grano de la austenita previa, y los carburos a base de hierro que han precipitado en el límite de grano.

Descripción de las realizaciones

25 En lo sucesivo, se describirán las realizaciones de la presente invención. Una pieza estampada en caliente según una realización de la presente invención se fabrica, como se describe a continuación con más detalle, a través de un conformado por estampación en caliente que incluye el temple de una chapa de acero para estampación en caliente. Por lo tanto, la capacidad de endurecimiento y las condiciones del temple de la chapa de acero para estampación en caliente afectan a la pieza estampada en caliente.

30 En primer lugar, se describirá una estructura de una pieza estampada en caliente según la presente realización. La pieza estampada en caliente según la presente realización incluye una estructura representada por: una fracción de área de la martensita o de la bainita, o de ambas: no menos del 95 % en total; un factor de cobertura del límite de grano de la austenita previa por carburos a base de hierro: no más del 80 %; y una densidad numérica de carburos a base de hierro en los granos de la austenita previa: no menos de $45/\mu\text{m}^2$.

(Una fracción de área de la martensita o de la bainita, o de ambas: no menos del 95 % en total)

35 La martensita y la bainita, de forma particular la martensita, son importantes para lograr la resistencia de una pieza estampada en caliente. Si el total de la fracción de área de la martensita y la fracción de área de la bainita es menos del 95 %, no es posible lograr una resistencia suficiente, por ejemplo, una resistencia a la tracción de no menos de 1.180 MPa. Por lo tanto, la fracción de área de la martensita y la fracción de área de la bainita no son menos del 95 % en total. La martensita puede ser, por ejemplo, martensita fresca o martensita templada. La martensita templada obtenida en la presente realización es, por ejemplo, martensita auto-templada. La martensita fresca es martensita como la templada. La martensita templada incluye carburos a base de hierro que han precipitado después o durante el enfriamiento del temple. La martensita auto-templada es una martensita templada que se genera durante el enfriamiento en el temple sin someterla a un tratamiento térmico para atemperarla. Para lograr la deseada resistencia de forma más segura, la fracción de área de la martensita es preferiblemente mayor que la fracción de área de la bainita, y la fracción de área de la martensita es preferiblemente no menos del 70 %.

45 El resto que no es martensita ni bainita es uno o más de ferrita, perlita, o austenita retenida, por ejemplo. Las cantidades de estas son preferiblemente tan bajas como sea posible.

La identificación de la martensita, bainita, ferrita, perlita y austenita retenida, la confirmación de sus posiciones y la medición de las fracciones de sus áreas se puede realizar observando una sección transversal en paralelo con la dirección del laminado y del espesor, u observando una sección transversal ortogonal a la dirección del laminado de

una pieza estampada en caliente. La observación de una sección transversal se puede realizar, por ejemplo, por grabado químico de la sección transversal con un reactivo de Nital, y observando la sección con un aumento de 1.000 a 100.000 veces con un microscopio electrónico de barrido (SEM, por sus siglas en inglés) o con un microscopio electrónico de transmisión (TEM, por sus siglas en inglés). Se pueden usar otras disoluciones de grabado químico en lugar del reactivo de Nital. Un ejemplo de una disolución de grabado químico de uso se describe en la Publicación de Patente Japonesa Abierta a la Inspección Pública de n.º 59-219473. La disolución de grabado químico descrita en la Publicación de Patente Japonesa Abierta a la Inspección Pública de n.º 59-219473 es "una disolución de grabado químico de color caracterizada por consistir en una disolución de tratamiento previo y una disolución de tratamiento posterior, en la que la disolución de tratamiento previo se prepara mezclando una disolución A en la que se disuelven de 1 a 5 g de ácido pícrico en 100 ml de etanol, con una disolución B en la que se disuelven de 1 a 25 g de tiosulfato sódico y de 1 a 5 g de ácido cítrico en 100 ml de agua, en una proporción de 1:1, y luego se añaden del 1,5 al 4 % de ácido nítrico a la disolución, y la disolución de tratamiento posterior se prepara mezclando un 10 % de la disolución de tratamiento previo con una disolución de Nital al 2 %, o mezclando del 2 al 5 % de ácido nítrico con 100 ml de etanol". El análisis de la orientación de los cristales usando un microscopio electrónico de barrido con emisión de campo (FE-SEM, por sus siglas en inglés) también se puede realizar para identificar estructuras, confirmar las posiciones de las mismas y medir las fracciones de área de las mismas. Las estructuras también se pueden determinar a partir de la medición de la dureza de una región mínima, como la medición de la micro-dureza Vickers.

Las fracciones de área de la bainita y de la martensita también se pueden medir de la siguiente manera. Por ejemplo, se obtiene una muestra que tiene una sección transversal en paralelo con la dirección del laminado y con la dirección del espesor de una chapa de acero como una superficie de observación, se electro-pule la superficie de observación, y se observa una parte de la chapa de acero a una profundidad desde el $\frac{1}{8}$ al $\frac{3}{8}$ de su espesor desde la superficie con un FE-SEM (por sus siglas en inglés). En dicha ocasión, cada medición se realiza con un aumento de 5.000 veces en 10 campos visuales, y se supone que la fracción de área es un valor promedio de la misma. La martensita observada también puede incluir la martensita templada. Dado que la martensita puede no estar grabada de manera suficiente con el grabado químico de Nital, las fracciones de área de la ferrita y de la bainita se pueden medir mediante el método descrito anteriormente usando un FE-SEM (por sus siglas en inglés), y se puede suponer que la fracción de área de la martensita es la fracción de área de la porción no grabada que se observa por FE-SEM (por sus siglas en inglés). La fracción de área de la austenita retenida también se puede determinar a partir de la medición de las intensidades mediante difracción de rayos X. Por ejemplo, se puede determinar a partir de una relación de intensidades de difracción de rayos X entre la ferrita y la austenita. La ferrita, que está compuesta de granos en forma de grumos, significa una estructura que no incluye subestructura alguna tal como una barra dentro de ella.

(Factor de cobertura del límite de grano de la austenita previa con carburos a base de hierro: no más del 80 %)

El factor de cobertura del límite de grano de la austenita previa por carburos a base de hierro significa una relación de porciones en las que los carburos a base de hierro han precipitado dentro del límite de grano de la austenita previa. Las porciones del límite de grano de la austenita previa donde han precipitado los carburos a base de hierro parecen estar cubiertas con los carburos a base de hierro cuando se observan con un microscopio. Si la relación de las porciones en las que los carburos a base de hierro han precipitado dentro del límite de grano de la austenita previa es más del 80 %, es más probable que se produzca una fractura intergranular y, por lo tanto, no se puede lograr suficiente tenacidad a baja temperatura. Por lo tanto, el factor de cobertura no es más del 80 %. Para lograr una dureza a baja temperatura adicional excelente, el factor de cobertura no es preferiblemente más del 70 %, y más preferiblemente no más del 60 %.

(Densidad numérica de carburos a base de hierro en los granos de la austenita previa: no menos de $45/\mu\text{m}^2$)

Los carburos a base de hierro en los granos de la austenita previa contribuyen a mejorar la tenacidad a baja temperatura. Si la densidad numérica de los carburos a base de hierro en los granos de la austenita previa es menos de $45/\mu\text{m}^2$, no es posible lograr una tenacidad suficiente a baja temperatura. Por lo tanto, la densidad numérica no es menos de $45/\mu\text{m}^2$. Con el fin de lograr una más excelente tenacidad a baja temperatura, la densidad numérica es preferiblemente no menos de $50/\mu\text{m}^2$. Si la densidad numérica es más de $200/\mu\text{m}^2$, se satura el efecto de la mejora de la tenacidad a baja temperatura. Por lo tanto, la densidad numérica no es preferiblemente más de $200/\mu\text{m}^2$.

Un carburo a base de hierro es un compuesto que consiste en hierro y carbono, ejemplos de los mismos incluyen cementita (fase θ), fase ϵ , y fase χ . Como se describirá más adelante, el Si o similares se pueden disolver en y estar contenidos en el carburo de hierro. Los carburos que no contienen hierro, tales como los carburos de Ti y los carburos de Nb, no se corresponden con el carburo de hierro.

En la presente invención, se describirá un método para determinar un factor de cobertura del límite de grano de la austenita previa mediante carburos a base de hierro con referencia a la Figura 1. La Figura 1 es un diagrama esquemático que ilustra un grano de austenita previa, y los carburos a base de hierro que han precipitado en el límite de grano.

En el ejemplo ilustrado en la Figura 1, un grano de austenita previa 21 que tiene una forma hexagonal en una

superficie de observación está incluido en una pieza estampada en caliente. Los carburos a base de hierro 1 y 2 precipitan en un primer lado 31, los carburos a base de hierro 3 y 4 precipitan en un segundo lado 32, los carburos a base de hierro 5, 6 y 7 precipitan en un tercer lado 33, un carburo a base de hierro 8 precipita en un cuarto lado 34, los carburos a base de hierro 9 y 10 precipitan en un quinto lado 35, y los carburos a base de hierro 11 y 12 precipitan en un sexto lado 36. La longitud del lado 31 es L_1 , la longitud del lado 32 es L_2 , la longitud del lado 33 es L_3 , la longitud del lado 34 es L_4 , la longitud del lado 35 es L_5 , y la longitud del lado 36 es L_6 . Las longitudes de los carburos a base de hierro 1 y 2 en el límite de grano son X_1 y X_2 , respectivamente; las longitudes de los carburos a base de hierro 3 y 4 en el límite de grano son X_3 y X_4 , respectivamente; las longitudes de los carburos a base de hierro 5, 6 y 7 en el límite de grano son X_5 , X_6 y X_7 , respectivamente; la longitud del carburo de hierro 8 en el límite de grano es X_8 ; las longitudes de los carburos a base de hierro 9 y 10 en el límite de grano son X_9 y X_{10} , respectivamente; las longitudes de los carburos a base de hierro 11 y 12 en el límite de grano son X_{11} y X_{12} , respectivamente. Tenga en cuenta que "la longitud de un carburo a base de hierro en un límite de grano" significa una distancia entre dos puntos de intersección entre un carburo a base de hierro y un límite de grano en una superficie de observación.

Luego, se encuentra la suma L (μm) de las longitudes de los seis lados 31 a 36, y se encuentra la suma X (μm) de las longitudes de los carburos a base de hierro 1 a 12 en el límite de grano para determinar un valor representado por " $(X/L) \times 100$ " (%) como un factor de cobertura. Téngase en cuenta que, al determinar un factor de cobertura en una pieza estampada en caliente, los factores de cobertura se determinan para cada uno de los 10 o más granos de la austenita previa incluidos en la pieza estampada en caliente, y se supone un valor promedio de los mismos que es el factor de cobertura en la pieza estampada en caliente. Se supone que un límite de grano de la austenita previa es una parte que se hace aparecer mediante una disolución de grabado químico que contiene dodecilsulfonato de sodio, y con un FE-SEM (por sus siglas en inglés) se observan un grano de la austenita previa y los carburos a base de hierro en su límite de grano.

Aunque, en la Figura 1 se ilustra como ejemplo el grano de la austenita previa 21 que tiene una forma hexagonal en una superficie de observación, en general, los granos de la austenita previa reales tienen formas más complejas. Por lo tanto, en la práctica, los lados de un grano de austenita previa se identifican según la forma del grano de la austenita previa observada, y se determina la suma de las longitudes de cada lado. Cuando en un límite de grano está presente una porción en curva, la porción se puede aproximar a una pluralidad de lados.

Posteriormente, se describirán la composición química de una pieza estampada en caliente según una realización de la presente invención y una chapa de acero usada para fabricar la pieza estampada en caliente. En la siguiente descripción, el símbolo "%", que es la unidad de cada elemento contenido en una pieza estampada en caliente y en una chapa de acero usada para fabricar la pieza estampada en caliente, significa, a menos que se indique lo contrario, "% en masa". Una pieza estampada en caliente y una chapa de acero usada para fabricar la pieza estampada en caliente tienen una composición química representada por: C: del 0,120 % al 0,400 %; Si: del 0,005 % al 2,000 %; Mn o Cr, o ambos: del 1,00 % al 3,00 % en total; Al: del 0,005 % al 0,100 %; B: del 0,0003 % al 0,0020 %; P: no más del 0,030 %; S: no más del 0,0100 %; O: no más del 0,0070 %; N: no más del 0,0070 %; Ti: del 0 % al 0,100 %; Nb: del 0 % al 0,100 %; V: del 0 % al 0,100 %; Ni: del 0 % al 2,00 %; Cu: del 0 % al 2,00 %; Mo: del 0 % al 0,50 %; Ca o REM (metal de tierras raras), o ambos: del 0 % al 0,0300 % en total; y el resto: Fe e impurezas. Como impurezas, se ejemplifican las contenidas en las materias primas tales como menas y gangas, y las introducidas en el proceso de producción.

(C: del 0,120 % al 0,400 %)

El C (carbono) es un elemento para mejorar la resistencia de una pieza estampada en caliente. Cuando el contenido de C es menos del 0,120 %, no se puede lograr de manera suficiente el efecto por la función descrita anteriormente. Por ejemplo, no es posible obtener una resistencia a la tracción de no menos de 1.180 MPa. Por lo tanto, el contenido de C no es menos del 0,120 %. Para obtener una resistencia más excelente, el contenido de C es preferiblemente no menos del 0,140 %, y más preferiblemente no menos del 0,150 %. Cuando el contenido de C es más del 0,400 %, la resistencia es excesiva, y no se puede lograr suficiente tenacidad a baja temperatura. Además, también es difícil lograr soldabilidad y trabajabilidad suficientes. Por lo tanto, el contenido de C no es más del 0,400 %. Para obtener una tenacidad a baja temperatura más excelente, el contenido de C no es preferiblemente más del 0,370 %, y más preferiblemente no más del 0,350 %.

(Si: del 0,005 % al 2,000 %)

El Si (silicio) es un elemento que se disuelve en un óxido a base de hierro, lo que mejora la resistencia a la fragilidad por hidrógeno. Aunque no está clara la correlación detallada entre el Si y la resistencia a la fragilidad por hidrógeno, se deduce que la deformación elástica en la interfaz entre el carburo a base de hierro y la fase de matriz aumenta como resultado de la disolución del Si en un carburo a base de hierro y, por lo tanto, se mejora la capacidad de atrapamiento del hidrógeno por el carburo a base de hierro. Cuando el contenido de Si es menos del 0,005 %, no se puede lograr de manera suficiente el efecto por la función descrita anteriormente. Por lo tanto, el contenido de Si no es menos del 0,005 %. Para obtener una resistencia a la fragilidad por hidrógeno más excelente, el contenido de Si es preferiblemente no menos del 0,01 %, y más preferiblemente no menos del 0,15 %. Cuando el contenido de Si es más del 2,000 %, se satura el efecto de potenciar la resistencia a la fragilidad por hidrógeno, y el punto Ac3 es de

forma excesiva alto, aumentando así de manera irracional la temperatura de calentamiento en el conformado por estampación en caliente. Por lo tanto, el contenido de Si no es más del 2,000 %. Teniendo en cuenta el equilibrio entre la resistencia a la fragilidad por hidrógeno y el punto Ac3, el contenido de Si no es preferiblemente más del 1,600 %.

- 5 El Si también afecta a la capacidad de laminado y a la característica de la fractura retardada. Por ejemplo, cuando el contenido de Si es más del 0,005 %, se deteriora la capacidad de laminado, lo que a veces provoca que se deslamine. Por esta razón, cuando se usa una chapa de acero chapado como una chapa de acero para estampación en caliente, el contenido de Si no es preferiblemente más del 0,500 %. Por otro lado, el Si aumenta la característica de la fractura retardada. Por lo tanto, cuando se usa una chapa de acero chapado como chapa de
10 acero para estampación en caliente, el contenido de Si no es preferiblemente menos del 0,500 % para lograr una excelente resistencia a la fractura retardada.

(Mn o Cr, o ambos: del 1,00 % al 3,00 % en total)

- 15 El Mn (manganeso) y el Cr (cromo) son elementos importantes para retrasar la transformación de la ferrita durante el enfriamiento en el conformado por estampación en caliente, y para obtener así una estructura deseada de una pieza estampada en caliente que se describirá a continuación. Cuando el total del contenido de Mn y del contenido de Cr es menos del 1,00 %, es probable que se formen ferrita y perlita durante el enfriamiento en el conformado por
20 estampación en caliente, y no se pueda obtener una estructura deseada. Así, dado que no se ha obtenido la estructura deseada, no es posible lograr una resistencia suficiente, por ejemplo, una resistencia a la tracción de no menos de 1.180 MPa. Por lo tanto, el total del contenido de Mn y del contenido de Cr no es menos del 1,00 %. Para lograr una resistencia más excelente, el total del contenido de Mn y del contenido de Cr no es preferiblemente
25 menos del 1,30 %, y más preferiblemente no menos del 1,40 %. Cuando el total del contenido de Mn y del contenido de Cr es más del 3,00 %, se satura el efecto de retrasar la transformación de la ferrita y, por lo tanto, se satura el aumento de la resistencia. Además, la resistencia de la chapa de acero laminada en caliente aumenta de forma excesiva, y de este modo, a veces se produce la ruptura durante el laminado en frío, y/o a veces se pronuncia el
30 desgaste y el fallo de la cuchilla que se usa para cortar. Por lo tanto, el total del contenido de Mn y del contenido de Cr no es más del 3,00 %. Considerando un intervalo apropiado de resistencia, el total de los contenidos de Mn y de Cr no es preferiblemente más del 2,9 %, y más preferiblemente no más del 2,8 %. Cuando el Mn está contenido en exceso, se produce la fragilidad causada por la segregación del Mn y, de ese modo, es más probable que surja un problema, tal como la rotura de la losa de fundición, y también es probable que se deteriore la soldabilidad. Aunque
el contenido de cada uno de Mn y Cr no está limitado de forma particular, el contenido de Mn no es menos del 0,8
%, y el contenido de Cr no es menos del 0,2 %, por ejemplo.

(Al: del 0,005 % al 0,100 %)

- 35 El Al (Aluminio) es un elemento efectivo para la desoxidación. Cuando el contenido de Al es menos del 0,005 %, la desoxidación es insuficiente, y puede quedar una gran cantidad de óxidos en una pieza estampada en caliente, deteriorando de forma particular la deformabilidad local. Por otra parte, aumentan las variaciones de las características. Por lo tanto, el contenido de Al no es menos del 0,005 %. Para una desoxidación suficiente, el contenido de Al no es preferiblemente menos del 0,006 %, y más preferiblemente no menos del 0,007 %. Cuando el
40 contenido de Al es más del 0,100 %, permanece en una pieza estampada en caliente una gran cantidad de óxidos que consisten principalmente en alúmina, deteriorando así la deformabilidad local. Por lo tanto, el contenido de Al no es más del 0,100 %. Para suprimir el resto de la alúmina, el contenido de Al no es preferiblemente más del 0,08 %, y más preferiblemente no más del 0,075 %.

(B: del 0,0003 % al 0,0020 %)

- 45 El B (Boro) es un elemento para aumentar la templabilidad de una chapa de acero para estampación en caliente. Como resultado del aumento de la templabilidad, es más fácil obtener martensita en la estructura de una pieza estampada en caliente. Cuando el contenido de B es menos del 0,0003 %, no se logra de manera suficiente el efecto por la función descrita anteriormente. Para lograr una templabilidad más excelente, el contenido de B no es preferiblemente menos del 0,0004 %, y más preferiblemente no menos del 0,0005 %. Cuando el contenido de B es
50 más del 0,0020 %, se satura el efecto de aumentar la templabilidad, y precipitan en exceso los boruros a base de hierro, deteriorando la templabilidad. Por lo tanto, el contenido de B no es más del 0,0020 %. Para suprimir la precipitación de los boruros a base de hierro, el contenido de B no es preferiblemente más del 0,0018 %, y más preferiblemente no más del 0,0017 %.

(P: no más del 0,030 %)

- 55 El P (Fósforo) no es un elemento esencial, y está contenido en el acero como una impureza, por ejemplo. El P es un elemento que se segrega en una porción media en la dirección del espesor de la chapa de acero, lo que fragiliza una zona soldada. Por esta razón, el contenido de P es preferiblemente tan bajo como sea posible. De forma particular, cuando el contenido de P es más del 0,030 %, se acentúa la fragilidad de la zona soldada. Por lo tanto, el contenido de P no es más del 0,030 %. El contenido de P no es preferiblemente más del 0,020 %, y más preferiblemente no más del 0,015 %. La reducción del contenido de P es costosa, y la reducción a menos del 0,001 % aumenta

notablemente el costo. Por esta razón, el contenido de P no puede ser menos del 0,001 %.

(S: no más del 0,0100 %)

5 El S (Azufre) no es un elemento esencial y está contenido en el acero como una impureza, por ejemplo. El S es un elemento que dificulta la colada y el laminado en caliente en la fabricación de una chapa de acero, deteriorando así la soldabilidad de una pieza estampada en caliente. Por esta razón, el contenido de S es preferiblemente tan bajo como sea posible. Los efectos adversos son pronunciados de forma particular cuando el contenido de S es más del 0,0100 %. Por lo tanto, el contenido S no es más del 0,0100 %. El contenido de S no es preferiblemente más del 0,008 %, y más preferiblemente no más del 0,005 %. La reducción del contenido de S es costosa, y la reducción a menos del 0,0001 % aumenta notablemente el costo. Por esta razón, el contenido de S no puede ser menos del 10 0,0001 %.

(O: no más del 0,0070 %)

15 El O (Oxígeno) no es un elemento esencial y está contenido en el acero como una impureza, por ejemplo. El O es un elemento que forma óxidos y, por lo tanto, causa el deterioro de las propiedades de una chapa de acero para la estampación en caliente. Por ejemplo, los óxidos que se encuentran en las proximidades de la superficie de la chapa de acero pueden causar una falla en la superficie, deteriorando así la calidad del aspecto. Si un óxido está en una superficie de corte, el óxido forma una falla en forma de muesca sobre la superficie de corte, causando el deterioro de las propiedades de una pieza estampada en caliente. Por esta razón, el contenido de O es preferiblemente tan bajo como sea posible. El deterioro de las propiedades es acentuado de forma particular cuando el contenido de O es más del 0,0070 %. Por lo tanto, el contenido de O no es más del 0,0070 %. El contenido de O no es preferiblemente más del 0,0050 %, y más preferiblemente no más del 0,0040 %. La reducción del contenido de O es costosa, y la reducción a menos del 0,0001 % aumenta notablemente el costo. Por esta razón, el contenido de O no puede ser menos del 0,0001 %.

(N: no más del 0,0070 %)

25 El N (Nitrógeno) no es un elemento esencial, y está contenido en el acero como una impureza, por ejemplo. El N es un elemento que forma nitruros gruesos, lo que deteriora la capacidad de plegado y la capacidad de expansión de orificio. El N también causa la aparición de orificios de soplado durante la soldadura. Por esta razón, el contenido de N es preferiblemente tan bajo como sea posible. El deterioro de la capacidad de plegado y de la capacidad de expansión de orificio son pronunciadas de forma particular, cuando el contenido de N es más del 0,0070 %. Por lo tanto, el contenido de N no es más del 0,0070 %. La reducción del contenido de N es costosa, y la reducción a menos del 0,0005 % aumenta notablemente el costo. Por esta razón, el contenido de N no puede ser menos del 0,0005 %. Además, desde el punto de vista del costo de fabricación, el contenido de N no puede ser menos del 0,0010 %.

30 Ti, Nb, V, Ni, Cu, Mo, Ca y REM (por sus siglas en inglés) no son elementos esenciales, y son elementos opcionales que pueden estar contenidos de modo apropiado con una cantidad predeterminada como un límite en una chapa de acero para estampación en caliente, y en una pieza de estampación en caliente.

(Ti: del 0 % al 0,100 %, Nb: del 0 % al 0,100 %, V: del 0 % al 0,100 %)

40 El Ti, Nb y V son elementos que inhiben el crecimiento del grano cristalino de la fase de la austenita durante el conformado por estampación en caliente, y así contribuyen a las mejoras de la resistencia y de la tenacidad mediante el refinado del grano reforzando la estructura transformada. El Ti también tiene la función de combinarse con el N para formar TiN, inhibiendo así que el B forme un nitruro. Por lo tanto, puede estar contenida una o cualquier combinación seleccionada a partir del grupo que consiste en estos elementos. Sin embargo, cuando cualquiera del contenido de Ti, del contenido de Nb y del contenido de V es más de 0,100 %, se forman de manera excesiva carburos de Ti, carburos de Nb o carburos de V, lo que provoca una deficiencia en la cantidad de C, lo que contribuye al fortalecimiento de la martensita, por lo que no se puede lograr una resistencia suficiente. Por lo tanto, el total del contenido de Ti, del contenido de Nb, y del contenido de V no son más del 0,100 %. Cualquiera del contenido de Ti, del contenido de Nb, y del contenido de V no es preferiblemente más del 0,080 %, y más preferiblemente no más del 0,050 %. Para lograr con certeza el efecto mediante la función descrita anteriormente, el total del contenido de Ti, del contenido de Ti, y del contenido de V no son preferiblemente menos del 0,005 %. Es decir, es preferible que se satisfagan "Ti: del 0,005 % al 0,100 %", "Nb: del 0,005 % al 0,100 %", o "V: del 0,005 % al 0,100 %", o cualquier combinación de los mismos.

(Ni: del 0 % al 2,00 %, Cu: del 0 % al 2,00 %, Mo: del 0 % al 0,50 %)

55 El Ni, Cu y Mo son elementos que aumentan la templabilidad de una chapa de acero para estampación en caliente. Como resultado del aumento en la templabilidad, es más probable que se forme martensita en la estructura de una pieza estampada en caliente. Por lo tanto, puede estar contenida una o cualquier combinación seleccionada a partir del grupo que consiste en estos elementos. Sin embargo, cuando el contenido de Ni o el contenido de Cu es más del 2,00 %, o el contenido de Mo es más del 0,50 %, se deterioran la soldabilidad y la trabajabilidad en caliente. Por lo tanto, tanto el contenido de Ni como el contenido de Cu no son más del 2,00 %, y el contenido de Mo no es más del

0,50 %. Para lograr con seguridad el efecto de la función descrita anteriormente, cualquiera del contenido de Ni, del contenido de Cu y del contenido de Mo no es preferiblemente menos del 0,01 %. Es decir, es preferible que se satisfaga "Ni: del 0,05 % al 2,00 %", "Cu: del 0,05 % al 2,00 %", o "Mo: del 0,05 % al 0", o cualquier combinación de los mismos.

5 (Ca o los REM (por sus siglas en inglés), o ambos: del 0 % al 0,0300 % en total)

El Ca y los REM (por sus siglas en inglés) son elementos que contribuyen al aumento de la resistencia, y a la mejora la tenacidad a través de la estructura. Por lo tanto, pueden estar contenidos Ca, o REM, o ambos. Sin embargo, cuando el total del contenido de Ca y del contenido de REM (por sus siglas en inglés) son más del 0,0300 %, se deterioran la colabilidad y la trabajabilidad en caliente. Por lo tanto, el total del contenido de Ca y del contenido del REM no son más del 0,0300 %. Para lograr con certeza el efecto de la función descrita anteriormente, el total del contenido de Ca y del contenido de los REM no son preferiblemente menos del 0,0005 %. Es decir, es preferible que se satisfaga "Ca o REM (por sus siglas en inglés), o ambos: del 0,0005 % al 0,0300 % en total". REM (por sus siglas en inglés) se refiere a elementos que pertenecen a Sc, Y, y elementos que pertenecen a la serie de lantánidos, y el "contenido de REM" significa el contenido total de los estos elementos. Industrialmente, los REM (por sus siglas en inglés) se añaden a menudo como un mischmetal, y contiene múltiples tipos de elementos tales como La y Ce. Se puede añadir sólo un elemento metal que pertenezca a los REM (por sus siglas en inglés), tal como La metal y Ce meta.

Según una pieza estampada en caliente según la presente realización, es posible lograr una excelente resistencia a la tracción y una tenacidad a baja temperatura ya que tiene una composición química y estructura apropiadas.

20 Posteriormente, se describe un método de fabricación de la pieza estampada en caliente según la realización de la presente invención. Según el método descrito en este documento, es posible fabricar la pieza estampada en caliente según la realización de la presente invención.

En el método de fabricación, una chapa de acero para estampación en caliente, que tiene la composición química descrita anteriormente, se calienta a una temperatura de no menos del punto Ac3 y no más de 950°C a una velocidad promedio de calentamiento de no menos de 2°C/s; luego se enfría a través de un intervalo de temperaturas desde un punto Ar3 a (punto Ms -50)°C a una velocidad promedio de enfriamiento de no menos de 100°C/s mientras se realiza el prensado en caliente; y se enfría adicionalmente a través de un intervalo de temperaturas de (punto Ms -50)°C a 100°C a una velocidad promedio de enfriamiento de no más del 50°C/s. La velocidad máxima de enfriamiento no es más de 70°C/s, y la velocidad mínima de enfriamiento no es menos de 5°C/s en el intervalo de temperaturas de (punto Ms -120)°C a 100°C.

30 (Temperatura de calentamiento: no menos de Ac3 y no más de 950°C)

La temperatura a la que se calienta la chapa de acero para la estampación en caliente no es menos de Ac3 y no más de 950°C. La chapa de acero se fabrica para que tenga una estructura de una fase de austenita única calentando la chapa de acero a una temperatura de no menos del punto Ac3. Es posible obtener una estructura en la que la fracción de área de la martensita y la fracción de área de la bainita no son menos del 95 %, obteniendo así una alta resistencia, por ejemplo, una resistencia a la tracción de no menos de 1.180 MPa sometiendo la chapa de acero con una estructura de fase única de austenita a temple. Dado que la estructura de la chapa de acero incluye ferrita, cuando la temperatura de calentamiento es menos del punto Ac3, incluso si se realiza dicho temple de la chapa de acero, la ferrita crece y no es posible obtener una resistencia a la tracción de no menos de 1.180 MPa. Por lo tanto, la temperatura de calentamiento no es menos del punto Ac3. Cuando la temperatura de calentamiento es más de 950°C, los granos de la austenita se vuelven gruesos, y se deteriora la tenacidad a baja temperatura después del temple. Por lo tanto, la temperatura de calentamiento no es más de 950°C.

El punto Ac3 se puede determinar a partir de la siguiente fórmula.

$$\text{Punto Ac3 (}^\circ\text{C)} = 910 - 203\sqrt{C} - 30\text{Mn} - 11\text{Cr} + 44,7\text{Si} + 400\text{Al} + 700\text{P} - 15,2\text{Ni} - 20\text{Cu} + 400\text{Ti} + 104\text{V} + 31,5\text{Mo}$$

45 (C, Mn, Cr, Si, Al, P, Ni, Cu, Ti, V y Mo representan cada uno un contenido (% en masa) de cada componente en la chapa de acero).

Si Ni, Cu, Ti, V y/o Mo, que son elementos opcionales, no están contenidos en la chapa de acero, se supone que el contenido de cualquier elemento que no está contenido es 0 (% en masa).

(Velocidad promedio de calentamiento: no menos de 2°C/s)

50 Cuando la velocidad de calentamiento es menos de 2°C/s, los granos de austenita se vuelven gruesos durante el calentamiento, y no se puede lograr suficiente tenacidad a baja temperatura y resistencia a la fractura retardada. Por lo tanto, la velocidad promedio de calentamiento durante el calentamiento a una temperatura de no menos del punto Ac3 y no más de 950°C no es menos de 2°C/s. Para inhibir de manera adicional el engrosamiento de los granos de la austenita, la velocidad promedio de calentamiento no es preferiblemente menos del 3°C/s, y más preferiblemente no menos de 4°C/s. Además, el aumento de la velocidad de calentamiento también es efectivo para aumentar la

productividad. Los efectos de la realización de la presente invención se pueden lograr incluso sin establecer de forma particular un límite superior de la velocidad promedio de calentamiento. Por lo tanto, la velocidad promedio de calentamiento se puede establecer de modo apropiado considerando la capacidad de la instalación de fabricación tal como la de los aparatos de calentamiento, sin establecer de forma particular un límite superior de la velocidad promedio de calentamiento. En la presente invención, una velocidad promedio de calentamiento es un valor obtenido al dividir una diferencia entre una temperatura a la cual se inicia el calentamiento y una temperatura de calentamiento por un período de tiempo tomado para el calentamiento.

Después de ser calentada a una temperatura de no menos del punto Ac3 y no más de 950°C a una velocidad promedio de calentamiento de no menos de 2°C/s, la chapa de acero se enfría mientras se la somete a prensado en caliente. Es decir, se realiza un conformado por estampación en caliente. La transformación y la precipitación de los carburos a base de hierro se producen según la temperatura durante el enfriamiento. En la presente invención, se describe la relación entre la temperatura, y la transformación y la precipitación de los carburos a base de hierro.

En el inicio, en el intervalo de temperaturas desde la temperatura de calentamiento al punto Ar3, no ocurren la transformación tal como la transformación de la ferrita, y la precipitación de carburos a base de hierro. Por lo tanto, la velocidad de enfriamiento en este intervalo de temperaturas no afecta a la estructura de una pieza estampada en caliente. Una vez que la temperatura de la chapa de acero alcanza el punto Ar3, puede comenzar la transformación de la ferrita y/o la transformación de la perlita dependiendo de la velocidad de enfriamiento, y, además, una vez que la temperatura entra en un intervalo de temperaturas menores del punto A1, comienzan a precipitar los carburos a base de hierro. Por lo tanto, la velocidad de enfriamiento en el intervalo de temperaturas de no más del punto Ar3 afecta significativamente a la estructura de una pieza estampada en caliente. Los carburos a base de hierro precipitan tanto en el límite de grano como en el grano de austenita previa, y es más probable que precipiten en el límite de grano a una temperatura a no menos de (punto Ms -50)°C, y en el grano a una temperatura de no más de (punto Ms -50)°C. Por lo tanto, es importante cambiar la velocidad promedio de enfriamiento con referencia a una temperatura de (punto Ms -50)°C. Es muy poco probable que ocurra la precipitación de los óxidos a base de hierro a una temperatura de menos de 100°C, y la transformación no ocurre a menos de 100°C. Por lo tanto, la velocidad de enfriamiento en este intervalo de temperaturas tampoco afecta a la estructura de una pieza estampada en caliente. Luego, en la presente realización, se especifican la velocidad de enfriamiento en un intervalo de temperaturas desde el punto Ar3 a (punto Ms -50)°C, y la velocidad de enfriamiento en un intervalo de temperaturas de (punto Ms -50)°C a 100°C.

El punto Ar3 (punto de transformación Ar3) y el punto Ms se pueden encontrar a partir de las siguientes fórmulas.

$$\text{Punto Ar3 (}^\circ\text{C)} = 901 - 325C + 33Si - 92(Mn + Ni/2 + Cr/2 + Cu/2 + Mo/2)$$

$$\text{Punto Ms (}^\circ\text{C)} = 561 - 474C - 33Mn - 17Ni - 17Cr - 21Mo$$

(C, Si, Mn, Ni, Cr, Cu y Mo representan cada uno el contenido (% en masa) de cada componente en la chapa de acero).

Si Ni, Cu, Ti, V y/o Mo, que son elementos opcionales, no están contenidos en la chapa de acero, se supone que el contenido de cualquier elemento que no está contenido es 0 (% en masa).

Dado que existe una correlación tal como se describió anteriormente entre la temperatura, y la transformación y la precipitación de los carburos a base de hierro, se concibe que la velocidad de enfriamiento se controle para cada uno de los siguientes cuatro intervalos de temperaturas. Los cuatro intervalos de temperaturas incluyen un primer intervalo de temperaturas desde la temperatura de calentamiento al punto Ar3, un segundo intervalo de temperaturas desde el punto Ar3 a (punto Ms -50)°C, un tercer intervalo de temperaturas de (punto Ms -50)°C a 100°C, y un cuarto intervalo de temperaturas de menos de 100°C.

(Primer intervalo de temperaturas)

En el primer intervalo de temperaturas (desde la temperatura de calentamiento al punto Ar3), dado que no se produce transformación tal como la transformación de la ferrita, como se describió anteriormente, ni tampoco la precipitación de los carburos a base de hierro, no hay necesidad de controlar de forma particular la velocidad de enfriamiento. Sin embargo, teniendo en cuenta que la velocidad promedio de enfriamiento en el segundo intervalo de temperaturas no es menos de 100°C/s como se describe más adelante, es preferible que también la velocidad promedio de enfriamiento en el primer intervalo de temperaturas no sea menos de 100°C/s.

(Segundo intervalo de temperaturas)

En el segundo intervalo de temperaturas (desde el punto Ar3 a (punto Ms -50)°C), se producen la transformación de la ferrita y la transformación de la perlita dependiendo de la velocidad de enfriamiento, y carburos a base de hierro adicionales precipitan en el intervalo de temperaturas menor del punto A1, como se describió anteriormente. Si la velocidad promedio de enfriamiento en el segundo intervalo de temperaturas no es menos de 100°C/s, es posible evitar la transformación de la ferrita y la transformación de la perlita, haciendo de este modo que el total de la fracción de área de la martensita y la fracción de área de la bainita no sean menores del 95 %. Por otro lado, si la

velocidad promedio de enfriamiento en el segundo intervalo de temperaturas es menos de 100°C/s, se produce la transformación de la ferrita y/o la transformación de la perlita, de modo que no es posible hacer que el total de la fracción de área de la martensita y la fracción de área de bainita no sea menos del 95 %. Por lo tanto, la velocidad promedio de enfriamiento en el segundo intervalo de temperaturas no es menos de 100°C/s. Además, en el segundo intervalo de temperaturas, es probable que los carburos a base de hierro precipiten en un límite de grano y que el factor de cobertura del límite de grano por los carburos a base de hierro aumente a medida que aumenta el período de enfriamiento en el segundo intervalo de temperaturas. Por esta razón, para que el factor de cobertura no sea más del 80 %, el período de tiempo de enfriamiento en el segundo intervalo de temperaturas es preferiblemente más corto. Desde este punto de vista también, es muy efectivo hacer que la velocidad promedio de enfriamiento en el segundo intervalo de temperaturas no sea menos de 100°C/s. Para obtener con seguridad una estructura deseada, la velocidad promedio de enfriamiento en el segundo intervalo de temperaturas no es preferiblemente menos de 150°C/s, y más preferiblemente no menos de 200°C/s. Un límite superior de la velocidad promedio de enfriamiento en el segundo intervalo de temperaturas no está especificado de forma particular, y en un sentido industrial, es práctico un intervalo de no más de 500°C/s. En la presente invención, la velocidad promedio de enfriamiento en el segundo intervalo de temperaturas es un valor obtenido al dividir la diferencia entre el punto Ar3 y (punto Ms -50) por el período de tiempo utilizado para el enfriamiento.

(Tercer intervalo de temperaturas)

En el tercer intervalo de temperaturas (de (punto Ms -50)°C a 100°C), es probable que los óxidos a base de hierro precipiten en los granos de austenita previa, como se describió anteriormente. Hacer que los carburos a base de hierro precipiten en los granos permite obtener una excelente tenacidad a baja temperatura. Cuando la velocidad promedio de enfriamiento en el tercer intervalo de temperaturas es más de 50°C/s, es deficiente la precipitación en los granos, lo que resulta en una gran cantidad de C disuelto que permanece en la chapa de acero, deteriorando de este modo la tenacidad a baja temperatura. Por lo tanto, la velocidad promedio de enfriamiento en el tercer intervalo de temperaturas no es más de 50°C/s. Para obtener con seguridad una estructura deseada, la velocidad promedio de enfriamiento en el tercer intervalo de temperaturas no es preferiblemente más de 30°C/s, y más preferiblemente no más de 20°C/s.

Incluso si la velocidad promedio de enfriamiento no es más de 50°C/s, cuando la velocidad de enfriamiento en un intervalo de temperaturas de (punto Ms -120)°C a 100°C en el tercer intervalo de temperaturas es más de 70°C/s, es deficiente la precipitación en los granos de la austenita previa, lo que hace imposible lograr una suficiente tenacidad a baja temperatura. Por lo tanto, la velocidad máxima de enfriamiento en el intervalo de temperaturas de (punto Ms -120)°C a 100°C no es más de 70°C/s. Además, incluso si la velocidad promedio de enfriamiento no es más de 50°C/s, cuando la velocidad de enfriamiento en un intervalo de temperaturas de (punto MS -120)°C a 100°C en el tercer intervalo de temperaturas es menos de 5°C/s, precipita de forma excesiva la ferrita durante el enfriamiento, y no es posible hacer que el total de la fracción de área de la martensita y de la fracción de área de la bainita no sean menos del 95 %. Además, los carburos a base de hierro que precipitan en un límite de grano aumentan de modo que el factor de cobertura del límite de grano por los óxidos a base de hierro es más del 80 %. Por lo tanto, la velocidad mínima de enfriamiento en el intervalo de temperaturas de (punto Ms -120)°C a 100°C no es menos de 5°C/s.

(Cuarto intervalo de temperaturas)

En el cuarto intervalo de temperaturas (menos de 100°C), dado que es muy poco probable que ocurra la precipitación de los carburos a base de hierro, y tampoco ocurre la transformación, como se describió anteriormente, no hay necesidad de controlar de forma particular la velocidad de enfriamiento.

Así, es posible fabricar una pieza estampada en caliente según la presente realización, que tiene una excelente resistencia y tenacidad a baja temperatura.

Según el método de fabricación de la pieza estampada en caliente según la presente realización, dado que se realiza un control apropiado de la temperatura, es posible obtener una pieza estampada en caliente con una estructura apropiada, logrando de este modo una excelente resistencia a la tracción y tenacidad a baja temperatura.

Se pueden seleccionar de modo apropiado otras condiciones de conformado por estampación en caliente, tales como un tipo de conformado y una clase de troquel, dentro de un intervalo que no perjudique los efectos de la presente realización. Por ejemplo, el tipo de conformado puede incluir doblado, estirado, abombado, expansión de orificios y conformado de bridas. El tipo de troquel se puede seleccionar de forma apropiada según el tipo de conformado.

La chapa de acero para estampación en caliente puede ser una chapa de acero laminada en caliente o una chapa de acero laminada en frío. Una chapa de acero laminada en caliente recocida o chapa de acero laminada en frío recocida, que se obtiene sometiendo una chapa de acero laminada en caliente o chapa de acero laminada en frío a recocido, también se puede usar como chapa de acero para estampación en caliente.

La chapa de acero para estampación en caliente puede ser una chapa de acero tratada superficialmente tal como una chapa de acero chapado. Es decir, se puede proporcionar una chapa de acero para estampación en caliente

con una capa de chapado. La capa de chapado contribuye a la mejora de la resistencia a la corrosión, por ejemplo. La capa de chapado puede ser una capa de electrodeposición o una capa de chapado por inmersión en caliente. La capa de electrodeposición se ejemplifica por una capa de electro galvanizado, y una capa de electrodeposición por una aleación de Zn-Ni. La capa de chapado por inmersión en caliente se ejemplifica por una capa de galvanizado por inmersión en caliente, una capa de galvanizado por inmersión en caliente aleada, una capa de chapado de aluminio por inmersión en caliente, una capa de chapado de aleación de Zn-Al por inmersión en caliente, una capa de chapado de aleación de Zn-Al-Mg por inmersión en caliente, y una capa de chapado de aleación de Zn-Al-Mg-Si por inmersión en caliente. El peso del revestimiento de la capa de chapado no está limitado de forma particular, y puede ser, por ejemplo, un peso de revestimiento dentro de un intervalo común. Se proporciona una capa de chapado sobre un material de acero tratado térmicamente de la misma manera que a una chapa de acero para tratamiento térmico.

Posteriormente, se describe un ejemplo de un método de fabricación de una chapa de acero para estampación en caliente. En el método de fabricación, se realizan tratamientos de colada, laminado en caliente, decapado, laminado en frío, recocido y chapado para fabricar una chapa de acero chapado, por ejemplo.

En la colada, se forma una losa a partir de un acero fundido con la composición química descrita anteriormente. Como losa, se puede usar una losa de colada continua y una losa hecha con un equipo de colada de losa delgada. Se puede aplicar un proceso tal como un proceso de colada continua - laminado directo (CC-DR, por sus siglas en inglés), en el que se realiza el laminado en caliente inmediatamente después de que se forme una losa.

La temperatura de la losa antes del laminado en caliente (temperatura de calentamiento de la losa) no es preferiblemente más de 1.300°C. Si la temperatura de calentamiento de la losa es excesivamente alta, no solo se deteriora la productividad, sino que también aumenta el costo de fabricación. Por lo tanto, la temperatura de calentamiento de la losa no es preferiblemente más de 1.250°C. Cuando la temperatura de calentamiento de la losa es menos de 1.050°C, disminuye la temperatura en el laminado final, lo que hace que aumente la carga de laminado. Como resultado, no solo se puede deteriorar la capacidad de laminado, sino que también pueden aparecer defectos de forma en la chapa de acero. Por lo tanto, la temperatura de calentamiento de la losa no es preferiblemente menos de 1.050°C.

La temperatura del laminado de acabado (temperatura de acabado) en el laminado en caliente no es preferiblemente menos de 850°C. Cuando la temperatura del laminado final es menos de 850°C, puede aumentar la carga de laminado, lo que hace que no solo pueda ser difícil el laminado, sino que también pueden aparecer defectos de forma en la chapa de acero. Un límite superior de la temperatura del laminado de acabado no está especificado de forma particular, y el laminado de acabado se realiza preferiblemente a no más de 1.000°C. Esto se debe a que, cuando la temperatura del laminado de acabado es más de 1.000°C, se aumenta de forma excesiva la temperatura de calentamiento de la losa para obtener una temperatura de más de 1.000°C.

La temperatura en el bobinado de la chapa de acero laminada en caliente (temperatura de bobinado) después del final del laminado en caliente no es preferiblemente más de 700°C. Cuando la temperatura del bobinado es más de 700°C, se puede formar un óxido grueso sobre la superficie de la chapa de acero laminada en caliente, deteriorando una propiedad de decapado de la misma. Cuando se realiza el laminado en frío después del bobinado, la temperatura de bobinado es preferiblemente no menos de 600°C. Esto se debe a que cuando la temperatura de bobinado es menos de 600°C, la resistencia de la chapa de acero laminada en caliente puede aumentar de forma excesiva, causando de este modo la ruptura de la chapa y defectos de forma durante el laminado en frío. Las chapas laminadas en bruto después del laminado en bruto se pueden unir durante el laminado en caliente para realizar el laminado de acabado de una manera continua. Además, el laminado de acabado se puede llevar a cabo después, de enrollar la chapa laminada en bruto.

Los óxidos sobre la superficie de la chapa de acero laminada en caliente se eliminan mediante decapado. El decapado es particularmente importante para mejorar la capacidad de chapado por inmersión en caliente con motivo de la fabricación de una chapa de acero chapado en caliente, tal como una chapa de acero chapado de aluminio por inmersión en caliente, una chapa de acero galvanizado por inmersión en caliente, una chapa de acero galvanizado por inmersión en caliente recocido, y similares. El número de veces que se realiza el decapado puede ser una o más.

En el laminado en frío, por ejemplo, una relación de reducción por laminado es del 30 % al 90 %. Cuando la relación de reducción por laminado es menos del 30 %, puede ser difícil mantener la forma plana de la chapa de acero laminada en frío. Además, a veces es difícil lograr suficiente ductilidad después del laminado en frío. Cuando la relación de reducción por laminado es más del 90 %, la carga de laminado aumenta de forma excesiva, dificultando el laminado en frío. Para lograr una ductilidad más excelente, la relación de reducción por laminado es preferiblemente no menos del 40 %, y para lograr una capacidad de laminado más excelente, la relación de reducción por laminado no es preferiblemente más del 70 %. El número de pasadas de laminado en el laminado en frío, y la relación de reducción por laminado para cada pasada no están particularmente limitadas.

El recocido se realiza, por ejemplo, en una línea de recocido continuo o en un horno de tipo caja. La condición de recocido no está limitada de forma particular, y es preferiblemente de un nivel que permita que la chapa de acero

reforzada por laminado en frío se reblandezca de modo apropiado. Por ejemplo, la temperatura de recocido está preferiblemente dentro de un intervalo de 550°C a 850°C. Al realizar el recocido dentro de este intervalo de temperaturas, se alivian las dislocaciones introducidas durante el laminado en frío por recuperación, recristalización y/o transformación de las fases.

5 Como tratamiento de chapado, por ejemplo, se realiza un tratamiento de chapado en caliente o un tratamiento de electro-chapado. El tratamiento de chapado por inmersión en caliente incluye un tratamiento de chapado de aluminio por inmersión en caliente, un tratamiento de galvanizado por inmersión en caliente, un tratamiento de chapado de aluminio por inmersión en caliente y recocido, y un tratamiento de galvanizado por inmersión en caliente y recocido. Según el tratamiento de chapado por inmersión en caliente, es posible lograr efectos tales como inhibir la formación de escamas y mejorar la resistencia a la corrosión. Para inhibir la formación de escamas en una pieza estampada en caliente, es más preferible una capa de chapado más gruesa. Para formar una capa de chapado más gruesa, un tratamiento de galvanizado por inmersión en caliente es más preferible que un tratamiento de electro-chapado. En una capa de chapado formada por el tratamiento de chapado se puede incluir Ni, Cu, Cr, Co, Al, Si o Zn, o cualquier combinación de los mismos. Por otra parte, para mejorar la adhesividad del chapado, se puede formar una capa de chapado de Ni, Cu, Co o Fe, o cualquier combinación de los mismos sobre la chapa de acero laminada en frío antes del recocido.

Obsérvese que todas las realizaciones descritas anteriormente muestran meramente ejemplos para poner en práctica la presente invención, y no se deben interpretar como limitantes del alcance técnico de la presente invención. Es decir, la presente invención se puede practicar de varias formas sin apartarse de su concepto técnico o de sus características principales.

Ejemplos

Más adelante, se describe un ejemplo de la presente invención. La condición mostrada en el ejemplo indica simplemente una condición que se adopta para confirmar la viabilidad y el efecto de la presente invención, y la presente invención no estará limitada al ejemplo de esta única condición. La presente invención puede adoptar diversas condiciones siempre que se logre su objetivo sin apartarse de la esencia de la presente invención.

En este experimento, se colaron losas usando aceros (tipos de acero de a a r, y de A a H) con composiciones químicas enumeradas en la Tabla 1, y se realizó el laminado en caliente en las condiciones enumeradas en las Tablas 2 y 3. Para algunas de las chapas de acero laminadas en caliente, se realizó el laminado en frío después del laminado en caliente. Para algunas de las chapas de acero laminadas en frío, se realizó el tratamiento de chapado mediante una instalación de recocido continuo o en una instalación de chapado por inmersión en caliente en continuo después del laminado en frío. De esta manera, se prepararon varias chapas de acero para estampación en caliente (una chapa de acero laminada en caliente, una chapa de acero laminada en frío, una chapa de acero galvanizado por inmersión en caliente, una chapa de acero galvanizado en caliente por inmersión en caliente aleada o una chapa de acero chapado de aluminio por inmersión en caliente). Bajo una condición en la que se usó una chapa de acero laminada en caliente como chapa de acero para estampación en caliente, el espesor de la chapa de acero laminada en caliente fue de 1,6 mm. Bajo una condición en la que se usó una chapa de acero distinta a la chapa de acero laminada en caliente como chapa de acero para estampación en caliente, el espesor de la chapa de acero laminada en caliente fue de 3,2 mm, la relación de reducción por laminado en frío fue del 50 %, y el espesor de la chapa de acero laminada en frío fue de 1,6 mm. Los espacios en blanco en la Tabla 1 indican que el contenido del elemento correspondiente era menor que un límite de detección. Un subrayado en la Tabla 1, 2 ó 3 indica que su valor numérico estaba fuera del alcance de la presente invención.

Después de preparar una chapa de acero para estampación en caliente, se realizó el conformado por estampación en caliente bajo las condiciones enumeradas en las Tablas 4 y 5 para obtener una pieza estampada en caliente. En las Tablas 4 y 5, la velocidad mínima de enfriamiento indica un valor mínimo de la velocidad de enfriamiento en un intervalo de temperaturas de (punto Ms -120)°C a 100°C, y la velocidad máxima de enfriamiento indica un valor máximo de la velocidad de enfriamiento en el intervalo de temperaturas de (punto Ms -120)°C a 100°C. Un subrayado en las Tablas 4 o 5 indica que su valor numérico estaba fuera del alcance de la presente invención.

Luego, para cada pieza estampada en caliente se realizó la medición de la propiedad de tracción, la observación de la estructura, y la evaluación de la tenacidad a baja temperatura.

50 En la medición de la propiedad de tracción, se tomó una muestra de prueba de tracción conforme a la norma JIS Z 2201, y se realizó una prueba de tensión de conformidad con la norma JIS Z 2241 para medir la resistencia a la tracción. Estos resultados se enumeran en las Tablas 6 y 7. Un subrayado en la Tabla 6 ó 7 indica que el valor numérico está fuera del intervalo deseado en la presente invención.

55 En la observación de la estructura, se midieron una fracción de área de la martensita, una fracción de área de la bainita, una fracción de área de la ferrita, y una fracción de área de la austenita retenida, un factor de cobertura del límite de grano de la austenita previa por carburos a base de hierro, y una densidad numérica de los carburos a base de hierro en los granos de la austenita previa.

La fracción de área de la martensita, la fracción de área de la bainita, y la fracción de área de la ferrita se

- determinaron tomando una muestra que tenía una sección transversal en paralelo con la dirección del laminado y con la dirección del espesor de la pieza estampada en caliente como superficie de observación, puliendo la superficie de observación, realizando un grabado químico con Nital, y observando una porción de la chapa de acero a una profundidad del $\frac{1}{8}$ al $\frac{3}{8}$ del espesor de la misma con un FE-SEM (por sus siglas en inglés). En la observación, se midieron las fracciones de área de cada estructura en 10 campos visuales con un aumento de 5.000 veces para una pieza estampada en caliente, y se adoptó un valor promedio de las mismas como la fracción de área de cada estructura en la pieza estampada en caliente. La fracción de área de la austenita retenida se determinó a partir de una relación de intensidades de difracción de rayos X entre la ferrita y la austenita. No se observó la perlita.
- El factor de cobertura del límite de grano de la austenita previa por carburos a base de hierro se obtuvo por el método descrito con referencia a la Figura 1. Es decir, para cada pieza estampada en caliente, se determinó un valor representado por " $(X/L) \times 100$ " (%).
- En la evaluación de la tenacidad a baja temperatura, se realizó una prueba de impacto de Charpy a -120°C . Luego, se hizo la evaluación de tal manera que el resultado se clasificó como pasa (O) cuando exhibía una energía de absorción, que se obtenía convirtiendo una energía de absorción medida a la de un espécimen con un espesor de 10 mm, de no menos de 50 J/cm^2 y una fractura dúctil porcentual de no menos del 50 %, y se calificó como error (X) cuando no satisfacía uno ninguno de ellos.
- Como se enumera en las Tablas 6 y 7, en los ejemplos de la invención, en los que todas las condiciones estaban dentro del alcance de la presente invención, fue posible lograr una resistencia a la tracción de no menos de 1.180 MPa y una excelente tenacidad a baja temperatura. Por otro lado, en los ejemplos comparativos, en los que una o más tipos de las condiciones estaban fuera del alcance de la presente invención, no fue posible lograr una resistencia a la tracción de no menos de 1.180 MPa y/o una excelente tenacidad a baja temperatura.
- En las condiciones a-7, b-7, c-7, n-7 y q-7, dado que la temperatura de calentamiento de la estampación en caliente era demasiado baja, las fracciones de área de la martensita y de la bainita fueron deficientes, así que no se logró la deseada resistencia a la tracción.
- En las condiciones a-8, b-8, c-8, n-8 y q-8, dado que la velocidad promedio de enfriamiento en el segundo intervalo de temperaturas era demasiado bajo, las fracciones de área de la martensita y de la bainita fueron deficientes, así que no se logró la deseada resistencia a la tracción. Además, el factor de cobertura por los carburos a base de hierro aumentó así que no se logró una excelente tenacidad a baja temperatura.
- En las condiciones a-9, b-9, c-9, n-9 y q-9, dado que la velocidad mínima de enfriamiento en el intervalo de temperaturas desde (punto Ms -120°C) era baja, las fracciones de área de la martensita y de la bainita en la pieza estampada en caliente fueron deficientes, así que no se logró la deseada resistencia a la tracción. Además, el factor de cobertura por los carburos a base de hierro aumentó así que no se logró una excelente tenacidad a baja temperatura.
- En las condiciones a-10, b-10, c-10, n-10 y q-10, dado que la velocidad máxima de enfriamiento en un intervalo de temperaturas de (punto Ms -120°C a 100°C) en la estampación en caliente era demasiado alta, la precipitación de los carburos a base de hierro en granos de la austenita previa fue deficiente, así que no se logró una excelente tenacidad a baja temperatura.
- En las condiciones a-11, b-11, c-11, n-11 y q-11, dado que la velocidad promedio de enfriamiento en un tercer intervalo de temperaturas en la estampación en caliente era demasiado alta, la precipitación de los carburos a base de hierro en granos de la austenita fue deficiente, así que no se logró una excelente tenacidad a baja temperatura.
- En las condiciones A-1, B-1, C-1, D-1, E-1, F-1, G-1 y H-1, dado que las composiciones químicas estaban fuera del alcance de la presente invención, no se logró/lograron una resistencia a la tracción de no menos de 1.180 MPa y/o una excelente tenacidad a baja temperatura. Por ejemplo, en la condición B-1, el contenido de C era demasiado alto así que la resistencia era excesivamente alta, y no se logró una excelente tenacidad a baja temperatura. En la condición F-1, dado que el total del contenido de Mn y del contenido de Cr eran demasiado altos, no se logró una excelente tenacidad a baja temperatura.

Tabla 1

TIPO DE ACERO	COMPOSICIÓN QUÍMICA (% EN MASA)																Ac3 (°C)	Ar3 (°C)	Ms (°C)	OBSERVACIONES		
	C	Si	Al	Mn	Cr	B	P	S	N	O	Ti	Nb	V	Ni	Cu	Mo					Ca	REM
a	0,128	0,010	0,011	1,22	0,21	0,0005	0,004	0,0011	0,0026	0,0012									806	738	456	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN
b	0,149	0,180	0,013	2,69	0,22	0,0009	0,007	0,0014	0,0028	0,0011									767	601	398	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN
c	0,231	0,280	0,015	1,32	0,19	0,0007	0,005	0,0015	0,0033	0,0009									793	705	405	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN
d	0,229	0,180	0,029	1,25	1,38	0,0039	0,019	0,0033	0,0045	0,0024									793	654	388	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN
e	0,242	1,150	0,075	2,49	0,33	0,0004	0,011	0,0023	0,0025	0,0008	0,029								833	616	359	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN
f	0,229	0,130	0,033	1,56	0,17	0,0008	0,009	0,0038	0,0030	0,0012		0,059							789	680	398	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN
g	0,235	0,110	0,029	1,25	0,20	0,0009	0,013	0,0027	0,0024	0,0018			0,056						803	704	405	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN
h	0,246	0,250	0,015	1,49	0,42	0,0008	0,010	0,0024	0,0020	0,0010	0,019	0,011							792	673	388	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN
i	0,229	0,030	0,006	1,29	0,20	0,0010	0,012	0,0029	0,0029	0,0013				0,29					780	686	402	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN
j	0,228	0,220	0,028	1,35	0,20	0,0016	0,009	0,0030	0,0025	0,0014					0,32				791	686	405	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN
k	0,233	0,060	0,033	1,35	0,21	0,0008	0,008	0,0022	0,0024	0,0009						0,42			804	674	394	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN
l	0,230	0,320	0,014	1,65	0,18	0,0012	0,014	0,0027	0,0040	0,0010							0,0045		791	677	394	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN
m	0,229	0,480	0,039	2,02	0,85	0,0021	0,012	0,0038	0,0029	0,0013								0,0029	788	617	371	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN
n	0,282	1,570	0,005	1,46	0,25	0,0019	0,008	0,0015	0,0024	0,0019									833	715	375	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN
o	0,284	0,380	0,007	1,88	0,22	0,0004	0,009	0,0019	0,0016	0,0007	0,024	0,014							779	638	361	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN
p	0,279	0,180	0,014	1,24	0,68	0,0008	0,001	0,0022	0,0029	0,0014			0,024						782	661	372	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN

Tabla 2

CONDICIÓN	TIPO DE ACERO	TIPO DE CHAPA DE ACERO PARA ESTAMPACIÓN EN CALIENTE	LAMIANDO EN CALIENTE			OBSERVACIONES
			TEMPERATURA DE CALENTAMIENTO DE LA LOSA (°C)	TEMPERATURA DE ACABADO (°C)	TEMPERATURA DE ENFRIAMIENTO (°C)	
a-1	a	CHAPA DE ACERO LAMINADA EN CALIENTE	1.220	870	440	EJEMPLO DE LA INVENCION
a-2	a	CHAPA DE ACERO LAMINADA EN FRIO	1.250	890	550	EJEMPLO DE LA INVENCION
a-3	a	CAPA DE ACERO GALVANIZADO POR INMERSIÓN EN CALIENTE	1.240	920	600	EJEMPLO DE LA INVENCION
a-4	a	CAPA DE ACERO GALVANIZADO POR INMERSIÓN EN CALIENTE ALEADA	1.230	880	620	EJEMPLO DE LA INVENCION
a-5	a	CAPA DE ACERO CHAPADO DE ALUMINIO POR INMERSIÓN EN CALIENTE	1.220	900	590	EJEMPLO DE LA INVENCION
a-6	a	CAPA DE ACERO CHAPADO DE ALUMINIO POR INMERSIÓN EN CALIENTE	1.220	930	600	EJEMPLO DE LA INVENCION
a-7	a	CAPA DE ACERO CHAPADO DE ALUMINIO POR INMERSIÓN EN CALIENTE	1.210	910	600	EJEMPLO COMPARATIVO
a-8	a	CHAPA DE ACERO CHAPADO DE ALUMINIO POR INMERSIÓN EN CALIENTE	1.190	900	620	EJEMPLO COMPARATIVO

a-9	a	CHAPA DE ACERO LAMINADA EN FRIO	1.250	880	600	EJEMPLO COMPARATIVO
a-10	a	CHAPA DE ACERO CHAPADO DE ALUMINIO POR INMERSIÓN EN CALIENTE	1.180	900	570	EJEMPLO COMPARATIVO
a-11	a	CHAPA DE ACERO CHAPADO DE ALUMINIO POR INMERSIÓN EN CALIENTE	1.200	900	600	EJEMPLO COMPARATIVO
b-1	b	CHAPA DE ACERO LAMINADA EN CALIENTE	1.210	940	520	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN
b-2	b	CHAPA DE ACERO LAMINADA EN FRIO	1.200	890	590	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN
b-3	b	CHAPA DE ACERO GALVANIZADO POR INMERSIÓN EN CALIENTE	1.200	930	600	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN
b-4	b	CHAPA DE ACERO GALVANIZADO POR INMERSIÓN EN CALIENTE	1.220	900	620	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN
b-5	b	CHAPA DE ACERO GALVANIZADO POR INMERSIÓN EN CALIENTE	1.230	910	580	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN
b-6	b	CHAPA DE ACERO GALVANIZADO POR INMERSIÓN EN CALIENTE	1.240	930	610	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN
b-7	b	CHAPA DE ACERO GALVANIZADO POR INMERSIÓN EN CALIENTE	1.200	910	590	EJEMPLO COMPARATIVO
b-8	b	CHAPA DE ACERO	1.200	920	630	EJEMPLO

								COMPARATIVO
b-9	b	CHAPA DE ACERO LAMINADA EN FRIO	1.250	880	600	EJEMPLO COMPARATIVO		
b-10	b	CHAPA DE ACERO CHAPADO DE ALUMINIO POR INMERSIÓN EN CALIENTE	1.180	900	570	EJEMPLO COMPARATIVO		
b-11	b	CHAPA DE ACERO CHAPADO DE ALUMINIO POR INMERSIÓN EN CALIENTE	1.200	900	600	EJEMPLO COMPARATIVO		
c-1	c	CHAPA DE ACERO LAMINADA EN CALIENTE	1.230	900	600	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN		
c-2	c	CHAPA DE ACERO LAMINADA EN FRIO	1.200	910	590	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN		
c-3	c	CHAPA DE ACERO GALVANIZADO POR INMERSIÓN EN CALIENTE	1.210	920	600	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN		
c-4	c	CHAPA DE ACERO GALVANIZADO POR INMERSIÓN EN CALIENTE ALEADA	1.200	900	610	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN		
c-5	c	CHAPA DE ACERO GALVANIZADO POR INMERSIÓN EN CALIENTE	1.180	900	620	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN		
c-6	c	CHAPA DE ACERO GALVANIZADO POR INMERSIÓN EN CALIENTE	1.230	930	600	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN		
c-7	c	CHAPA DE ACERO GALVANIZADO POR	1.270	880	590	EJEMPLO COMPARATIVO		

		INMERSIÓN EN CALIENTE					
c-8	c	CHAPA DE ACERO GALVANIZADO POR INMERSIÓN EN CALIENTE	1.200	910	580	EJEMPLO COMPARATIVO	
c-9	c	CHAPA DE ACERO LAMINADA EN FRIO	1.200	880	600	EJEMPLO COMPARATIVO	
c-10	c	CHAPA DE ACERO CHAPADO DE ALUMINIO POR INMERSIÓN EN CALIENTE	1.200	900	570	EJEMPLO COMPARATIVO	
c-11	c	CHAPA DE ACERO CHAPADO DE ALUMINIO POR INMERSIÓN EN CALIENTE	1.200	900	600	EJEMPLO COMPARATIVO	
d-1	d	CHAPA DE ACERO LAMINADA EN FRIO	1.220	870	620	EJEMPLO DE LA INVENCION	
d-2	d	CHAPA DE ACERO GALVANIZADO POR INMERSIÓN EN CALIENTE	1.230	950	600	EJEMPLO DE LA INVENCION	
e-1	e	CHAPA DE ACERO LAMINADA EN FRIO	1.270	970	630	EJEMPLO DE LA INVENCION	
f-1	f	CHAPA DE ACERO LAMINADA EN FRIO	1.260	950	600	EJEMPLO DE LA INVENCION	
g-1	g	CHAPA DE ACERO LAMINADA EN FRIO	1.260	980	600	EJEMPLO DE LA INVENCION	
h-1	h	CHAPA DE ACERO LAMINADA EN FRIO	1.280	960	590	EJEMPLO DE LA INVENCION	
i-1	i	CHAPA DE ACERO LAMINADA EN FRIO	1.230	910	610	EJEMPLO DE LA INVENCION	

Tabla 3

CONDICIÓN	TIPO DE ACERO	TIPO DE CHAPA DE ACERO PARA ESTAMPACIÓN EN CALIENTE	LAMINADO EN CALIENTE			OBSERVACIONES
			TEMPERATURA DE CALENTAMIENTO DE LA LOSA (°C)	TEMPERATURA DE ACABADO (°C)	TEMPERATURA DE ENFRIAMIENTO (°C)	
j-1	j	CHAPA DE ACERO LAMINADA EN FRIO	1.200	900	580	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN
k-1	k	CHAPA DE ACERO LAMINADA EN FRIO	1.200	930	600	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN
l-1	l	CHAPA DE ACERO LAMINADA EN FRIO	1.210	940	600	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN
m-1	m	CHAPA DE ACERO LAMINADA EN FRIO	1.230	920	590	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN
n-1	n	CHAPA DE ACERO LAMINADA EN CALIENTE	1.220	910	630	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN
n-2	n	CHAPA DE ACERO LAMINADA EN FRIO	1.240	920	650	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN
n-3	n	CHAPA DE ACERO GALVANIZADO POR INMERSIÓN EN CALIENTE	1.210	920	650	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN
n-4	n	CHAPA DE ACERO GALVANIZADO POR INMERSIÓN EN CALIENTE ALEADA	1.200	890	630	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN
n-5	n	CHAPA DE ACERO GALVANIZADO POR INMERSIÓN EN CALIENTE	1.220	900	580	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN
n-6	n	CHAPA DE ACERO GALVANIZADO POR INMERSIÓN EN CALIENTE	1.230	920	570	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN
n-7	n	CHAPA DE ACERO GALVANIZADO POR INMERSIÓN EN CALIENTE	1.240	930	600	EJEMPLO COMPARATIVO
n-8	n	CHAPA DE ACERO GALVANIZADO POR INMERSIÓN EN CALIENTE	1.200	930	620	EJEMPLO COMPARATIVO
n-9	n	CHAPA DE ACERO LAMINADA EN	1.250	880	600	EJEMPLO

			CALIENTE						
q-11	q		CHAPA DE ACERO CHAPADO DE ALUMINIO POR INMERSIÓN EN CALIENTE	1.200	900	600	EJEMPLO COMPARATIVO		
r-1	r		CHAPA DE ACERO CHAPADO DE ALUMINIO POR INMERSIÓN EN CALIENTE	1.280	920	620	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN		
A-1	A		CHAPA DE ACERO LAMINADA EN FRIO	1.230	920	630	EJEMPLO COMPARATIVO		
B-1	B		CHAPA DE ACERO LAMINADA EN FRIO	1.210	930	620	EJEMPLO COMPARATIVO		
C-1	C		CHAPA DE ACERO LAMINADA EN FRIO	1.240	940	590	EJEMPLO COMPARATIVO		
D-1	D		CHAPA DE ACERO LAMINADA EN FRIO	1.230	900	600	EJEMPLO COMPARATIVO		
E-1	E		CHAPA DE ACERO LAMINADA EN FRIO	1.200	910	600	EJEMPLO COMPARATIVO		
F-1	F		CHAPA DE ACERO LAMINADA EN FRIO	1.210	920	620	EJEMPLO COMPARATIVO		
G-1	G		CHAPA DE ACERO LAMINADA EN FRIO	1.210	930	630	EJEMPLO COMPARATIVO		
H-1	H		CHAPA DE ACERO LAMINADA EN FRIO	1.230	920	640	EJEMPLO COMPARATIVO		

Tabla 4

CONDICIÓN	PRENSADO EN CALIENTE						OBSERVACIONES
	VELOCIDAD DE CALENTAMIENTO (°C/s)	TEMPERATURA DE CALENTAMIENTO (°C)	VELOCIDAD PROMEDIO DE ENFRIAMIENTO EN EL SEGUNDO INTERVALO DE TEMPERATURAS (°C/s)	VELOCIDAD PROMEDIO DE ENFRIAMIENTO EN EL TERCER INTERVALO DE TEMPERATURAS (°C/s)	VELOCIDAD MÍNIMA DE ENFRIAMIENTO (°C/s)	VELOCIDAD MÁXIMA DE ENFRIAMIENTO (°C/s)	
a-1	6	910	160	35	10	60	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN
a-2	4	930	120	30	5	50	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN
a-3	5	920	240	50	10	50	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN
a-4	10	920	160	45	20	70	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN
a-5	6	900	110	45	10	60	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN
a-6	7	920	220	50	5	70	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN
a-7	5	<u>740</u>	160	40	30	60	EJEMPLO COMPARATIVO
a-8	6	890	<u>80</u>	40	10	60	EJEMPLO COMPARATIVO
a-9	10	900	100	50	<u>3</u>	60	EJEMPLO COMPARATIVO
a-10	5	900	150	50	5	<u>80</u>	EJEMPLO COMPARATIVO
a-11	5	900	120	<u>55</u>	10	60	EJEMPLO COMPARATIVO

b-1	5	880	200	35	10	60	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN
b-2	6	890	180	30	5	50	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN
b-3	8	870	180	50	10	50	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN
b-4	4	890	160	45	20	70	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN
b-5	5	880	200	45	10	60	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN
b-6	12	920	230	50	5	70	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN
b-7	6	<u>700</u>	160	40	30	60	EJEMPLO COMPARATIVO
b-8	7	900	<u>60</u>	40	10	60	EJEMPLO COMPARATIVO
b-9	10	900	100	50	<u>3</u>	60	EJEMPLO COMPARATIVO
b-10	5	900	150	50	5	<u>80</u>	EJEMPLO COMPARATIVO
b-11	5	900	120	<u>55</u>	10	60	EJEMPLO COMPARATIVO
c-1	8	920	180	20	10	60	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN
c-2	4	930	160	50	5	50	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN
c-3	6	900	160	45	10	50	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN
c-4	5	940	150	40	20	70	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN

c-5	3	930	180	50	10	60	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN
c-6	9	900	230	30	5	70	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN
c-7	5	<u>720</u>	120	30	30	60	EJEMPLO COMPARATIVO
c-8	6	910	<u>40</u>	25	10	60	EJEMPLO COMPARATIVO
c-9	10	900	100	50	<u>2</u>	60	EJEMPLO COMPARATIVO
c-10	5	900	150	50	5	<u>100</u>	EJEMPLO COMPARATIVO
c-11	5	900	120	<u>55</u>	10	60	EJEMPLO COMPARATIVO
d-1	5	910	120	30	10	60	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN
d-2	6	940	220	40	10	50	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN
e-1	5	950	150	35	5	70	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN
f-1	6	920	140	30	5	60	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN
g-1	12	920	150	35	20	50	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN
h-1	6	930	150	30	20	60	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN
i-1	4	920	160	30	5	70	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN

Tabla 5

CONDICIÓN	PRENSADO EN CALIENTE						OBSERVACIONES
	VELOCIDAD DE CALENTAMIENTO (°C/s)	TEMPERATURA DE CALENTAMIENTO (°C)	VELOCIDAD PROMEDIO DE ENFRIAMIENTO EN EL SEGUNDO INTERVALO DE TEMPERATURAS (°C/s)	VELOCIDAD PROMEDIO DE ENFRIAMIENTO EN EL TERCER INTERVALO DE TEMPERATURAS (°C/s)	VELOCIDAD MÍNIMA DE ENFRIAMIENTO (°C/s)	VELOCIDAD MÁXIMA DE ENFRIAMIENTO (°C/s)	
i-1	4	920	160	30	10	50	EJEMPLO DE LA INVENCION
j-1	5	910	160	30	5	70	EJEMPLO DE LA INVENCION
k-1	6	920	150	35	15	60	EJEMPLO DE LA INVENCION
l-1	8	910	150	30	10	60	EJEMPLO DE LA INVENCION
m-1	4	930	160	10	10	70	EJEMPLO DE LA INVENCION
n-1	5	900	120	20	10	60	EJEMPLO DE LA INVENCION
n-2	6	920	150	40	5	50	EJEMPLO DE LA INVENCION
n-3	7	920	150	40	10	50	EJEMPLO DE LA INVENCION
n-4	10	910	140	35	20	70	EJEMPLO DE LA INVENCION
n-5	5	910	160	30	30	60	EJEMPLO DE LA INVENCION
n-6	5	930	220	40	10	60	EJEMPLO DE LA INVENCION

n-7	6	<u>710</u>	110	30	30	30	EJEMPLO COMPARATIVO
n-8	7	930	<u>50</u>	30	30	60	EJEMPLO COMPARATIVO
n-9	10	900	100	50	50	60	EJEMPLO COMPARATIVO
n-10	5	900	150	50	50	<u>120</u>	EJEMPLO COMPARATIVO
n-11	5	900	120	<u>55</u>	55	60	EJEMPLO COMPARATIVO
o-1	5	920	140	10	10	60	EJEMPLO DE LA INVENCION
p-1	11	930	170	40	40	70	EJEMPLO DE LA INVENCION
q-1	7	930	150	45	45	60	EJEMPLO DE LA INVENCION
q-2	5	910	160	40	40	50	EJEMPLO DE LA INVENCION
q-3	9	930	140	30	30	50	EJEMPLO DE LA INVENCION
q-4	8	920	150	45	45	70	EJEMPLO DE LA INVENCION
q-5	6	920	150	30	30	60	EJEMPLO DE LA INVENCION
q-6	7	930	220	40	40	70	EJEMPLO DE LA INVENCION
q-7	8	<u>720</u>	140	40	40	60	EJEMPLO COMPARATIVO
q-8	6	920	<u>40</u>	30	30	60	EJEMPLO COMPARATIVO

q-9	10	900	100	50	2	60	EJEMPLO COMPARATIVO
q-10	5	900	150	50	5	90	EJEMPLO COMPARATIVO
q-11	5	900	120	55	10	60	EJEMPLO COMPARATIVO
r-1	7	940	200	40	5	60	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN
A-1	5	930	160	40	10	70	EJEMPLO COMPARATIVO
B-1	12	920	250	50	20	70	EJEMPLO COMPARATIVO
C-1	7	950	120	35	30	60	EJEMPLO COMPARATIVO
D-1	5	950	80	30	5	60	EJEMPLO COMPARATIVO
E-1	8	940	200	40	10	70	EJEMPLO COMPARATIVO
F-1	6	920	160	35	20	70	EJEMPLO COMPARATIVO
G-1	8	930	170	35	30	50	EJEMPLO COMPARATIVO
H-1	7	950	150	30	5	50	EJEMPLO COMPARATIVO

Tabla 6

CONDICIÓN	TIPO DE ACERO	FRACCIÓN DE ÁREA					CARBURO A BASE DE HIERRO		RESISTENCIA A TRACCIÓN (MPa)	TENACIDAD A BAJA TEMPERATURA	OBSERVACIONES
		V _M (%)	V _B (%)	V _F (%)	V _R (%)	V _{M+V_B} (%)	FACTOR DE COBERTURA (%)	DENSIDAD NUMÉRICA (μm ²)			
a-1	a	78	18	0	4	96	63	70	1.213	○	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN
a-2	a	70	27	0	3	97	71	67	1.181	○	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN
a-3	a	96	1	0	3	97	10	65	1.235	○	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN
a-4	a	79	17	0	4	96	65	72	1.207	○	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN
a-5	a	72	25	0	3	97	75	75	1.122	○	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN
a-6	a	98	0	0	2	98	33	54	1.261	○	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN
a-7	a	54	21	17	8	<u>75</u>	30	72	<u>978</u>	○	EJEMPLO COMPARATIVO
a-8	a	48	40	12	0	<u>88</u>	<u>85</u>	94	<u>897</u>	× ₋	EJEMPLO COMPARATIVO
a-9	a	38	27	35	0	<u>65</u>	<u>85</u>	85	<u>758</u>	× ₋	EJEMPLO COMPARATIVO
a-10	a	80	20	0	0	100	10	<u>28</u>	1.310	× ₋	EJEMPLO COMPARATIVO
a-11	a	85	15	0	0	100	15	<u>35</u>	1.285	× ₋	EJEMPLO COMPARATIVO
b-1	b	84	12	0	4	96	24	75	1.356	○	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN

b-2	b	80	17	0	3	97	25	72	1.326	o	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN
b-3	b	84	13	0	3	97	25	71	1.379	o	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN
b-4	b	87	11	0	2	98	31	78	1.349	o	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN
b-5	b	86	12	0	2	98	20	80	1.372	o	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN
b-6	b	96	0	0	4	96	14	59	1.358	o	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN
b-7	b	42	18	10	30	<u>60</u>	64	77	<u>952</u>	o	EJEMPLO COMPARATIVO
b-8	b	48	43	0	9	91	<u>82</u>	100	<u>1.012</u>	x	EJEMPLO COMPARATIVO
b-9	b	38	27	35	0	<u>65</u>	<u>85</u>	90	<u>882</u>	x	EJEMPLO COMPARATIVO
b-10	b	80	20	0	0	100	10	<u>33</u>	1.310	x	EJEMPLO COMPARATIVO
b-11	b	85	15	0	0	100	15	<u>39</u>	1.331	x	EJEMPLO COMPARATIVO
c-1	c	78	20	0	2	98	33	80	1.472	o	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN
c-2	c	97	0	0	3	97	45	77	1.496	o	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN
c-3	c	87	10	0	3	97	42	75	1.482	o	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN
c-4	c	91	8	0	1	99	40	82	1.486	o	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN
c-5	c	92	7	0	1	99	35	86	1.488	o	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN

c-6	c	99	0	0	1	99	22	62	1.509	o	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN
c-7	c	43	12	37	8	<u>55</u>	73	82	<u>975</u>	o	EJEMPLO COMPARATIVO
c-8	c	59	31	10	0	<u>90</u>	<u>87</u>	112	<u>1.112</u>	x	EJEMPLO COMPARATIVO
c-9	c	42	40	18	0	<u>82</u>	<u>95</u>	105	<u>921</u>	x	EJEMPLO COMPARATIVO
c-10	c	85	15	0	0	100	12	<u>35</u>	1.532	x	EJEMPLO COMPARATIVO
c-11	c	85	15	0	0	100	15	<u>42</u>	1.543	x	EJEMPLO COMPARATIVO
d-1	d	88	8	0	4	96	75	78	1.534	o	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN
d-2	d	98	0	0	2	98	15	82	1.509	o	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN
e-1	e	84	15	0	1	99	55	94	1.512	o	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN
f-1	f	87	11	0	2	98	65	91	1.522	o	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN
g-1	g	86	12	0	2	98	50	88	1.533	o	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN
h-1	h	80	18	0	2	98	52	97	1.548	o	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN
i-1	i	83	16	0	1	99	50	93	1.512	o	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN

Tabla 7

CONDICIÓN	TIPO DE ACERO	FRACCIÓN DE ÁREA					CARBURO A BASE DE HIERRO		RESISTENCIA A TRACCIÓN (MPa)	TENACIDAD A BAJA TEMPERATURA	OBSERVACIONES
		V _M (%)	V _B (%)	V _F (%)	V _{VR} (%)	V _M +V _B (%)	FACTOR DE COBERTURA (%)	DENSIDAD NUMÉRICA (μm ²)			
j-1	j	87	11	0	2	98	55	89	1.529	○	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN
k-1	k	82	16	0	2	98	60	95	1.544	○	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN
l-1	l	84	15	0	1	99	50	93	1.531	○	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN
m-1	m	81	17	0	2	98	48	96	1.552	○	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN
n-1	n	75	24	0	1	99	64	118	1.782	○	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN
n-2	n	93	6	0	1	99	60	105	1.821	○	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN
n-3	n	95	4	0	1	99	60	101	1.819	○	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN
n-4	n	92	7	0	1	99	65	101	1.832	○	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN
n-5	n	93	5	0	2	98	60	100	1.826	○	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN
n-6	n	98	0	0	2	98	23	97	1.792	○	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN
n-7	n	37	4	52	7	41	50	122	<u>1.154</u>	○	EJEMPLO COMPARATIVO
n-8	n	53	32	15	0	85	91	110	<u>1.152</u>	×	EJEMPLO COMPARATIVO

n-9	n	38	54	8	0	92	92	92	118	1.088	x̄	EJEMPLO COMPARATIVO
n-10	n	90	10	0	0	100	100	9	28	1.833	x̄	EJEMPLO COMPARATIVO
n-11	n	85	15	0	0	100	100	15	35	1.825	x̄	EJEMPLO COMPARATIVO
o-1	o	98	0	0	2	98	98	65	88	2.016	o	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN
p-1	p	93	4	0	3	97	97	64	103	1.986	o	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN
q-1	q	96	1	0	3	97	97	72	99	2.024	o	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN
q-2	q	94	3	0	3	97	97	61	100	1.981	o	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN
q-3	q	91	5	0	4	96	96	75	115	1.970	o	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN
q-4	q	96	1	0	3	97	97	65	108	2.007	o	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN
q-5	q	93	5	0	2	98	98	57	104	1.978	o	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN
q-6	q	99	0	0	1	99	99	15	92	1.984	o	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN
q-7	q	43	7	43	7	50	50	47	119	1.176	o	EJEMPLO COMPARATIVO
q-8	q	68	21	11	0	89	89	85	98	1.163	x̄	EJEMPLO COMPARATIVO
q-9	q	42	48	10	0	90	90	90	105	1.241	x̄	EJEMPLO COMPARATIVO
q-10	q	100	0	0	0	100	100	10	35	2.021	x̄	EJEMPLO COMPARATIVO

q-11	q	85	15	0	0	100	15	42	1.994	x̄	EJEMPLO COMPARATIVO
r-1	r	96	2	0	2	98	20	131	2.038	o	EJEMPLO DE LA INVENCIÓN
A-1	A	64	35	0	1	99	55	67	<u>1.075</u>	o	EJEMPLO COMPARATIVO
B-1	B	96	0	0	4	96	10	138	2.539	x̄	EJEMPLO COMPARATIVO
C-1	C	42	19	36	3	<u>61</u>	75	103	<u>1.124</u>	o	EJEMPLO COMPARATIVO
D-1	D	52	12	30	6	<u>64</u>	75	99	<u>1.084</u>	o	EJEMPLO COMPARATIVO
E-1	E	33	44	20	3	<u>77</u>	20	67	<u>993</u>	o	EJEMPLO COMPARATIVO
F-1	F	96	0	0	4	96	50	41	1.682	x̄	EJEMPLO COMPARATIVO
G-1	G	32	34	32	2	<u>66</u>	45	77	<u>1.073</u>	o	EJEMPLO COMPARATIVO
H-1	H	63	21	13	3	<u>84</u>	55	67	<u>1.186</u>	x̄	EJEMPLO COMPARATIVO

Aplicabilidad industrial

La presente invención se puede usar por industrias para fabricar y usar, por ejemplo, una pieza de estampación en caliente usada para automóviles, y otros. La presente invención también se puede usar por industrias para fabricar y usar otra pieza estructural de máquina.

REIVINDICACIONES

1. Una pieza estampada en caliente que comprende:

una composición química que consiste en, % en masa:

C: del 0,120 % al 0,400 %;

5 Si: del 0,005 % al 2,000 %;

Mn o Cr, o ambos: del 1,00 % al 3,00 % en total;

Al: del 0,005 % al 0,100 %;

B: del 0,0003 % al 0,0020 %;

P: no más del 0,030 %;

10 S: no más del 0,0100 %;

O: no más del 0,0070 %;

N: no más del 0,0070 %;

Ti: del 0 % al 0,100 %;

Nb: del 0 % al 0,100 %;

15 V: del 0 % al 0,100 %;

Ni: del 0 % al 2,00 %;

Cu: del 0 % al 2,00 %;

Mo: del 0 % al 0,50 %;

Ca o REM (por sus siglas en inglés), o ambos: del 0 % al 0,0300 % en total; y

20 el resto: Fe e impurezas; y

una estructura representada por:

una fracción de área de la martensita o de la bainita, o de ambas: no menos del 95 % en total;

un factor de cobertura del límite de grano de la austenita previa por carburos a base de hierro: no más del 80 %; y

25 una densidad numérica de los carburos a base de hierro en los granos de la austenita previa: no menos de $45/\mu\text{m}^2$.

2. La pieza estampada en caliente según la reivindicación 1, en donde la composición química satisface:

Ti: del 0,005 % al 0,100 %;

Nb: del 0,005 % al 0,100 %; o

30 V: del 0,005 % al 0,100 %; o

cualquier combinación de los mismos.

3. La pieza estampada en caliente según la reivindicación 1 ó 2, en donde la composición química satisface:

Ni: del 0,05 % al 2,00 %;

Cu: del 0,05 % al 2,00 %; o

35 Mo: del 0,05 % al 0,50 %; o

cualquier combinación de los mismos.

4. La pieza estampada en caliente según la reivindicación 1 a 3, en donde la composición química satisface

Ca o REM (por sus siglas en inglés), o ambos: del 0,0005 % al 0,0300 % en total.

5. Un método de fabricación de una pieza estampada en caliente, que comprende las etapas de:

calentar una chapa de acero a una temperatura de no menos del punto Ac3 y no más de 950°C a una velocidad promedio de calentamiento de no menos de 2°C/s;

5 luego, enfriar la chapa de acero a través de un intervalo de temperaturas desde un punto Ar3 a (punto Ms -50)°C a una velocidad promedio de enfriamiento de no menos de 100°C/s mientras se realiza el prensado en caliente; y

luego, enfriar la chapa de acero a través de un intervalo de temperaturas de (punto Ms -50)°C a 100°C a una velocidad promedio de enfriamiento de no más del 50°C/s,

en donde

10 la chapa de acero comprende una composición química que consiste en, % en masa:

C: del 0,120 % al 0,400 %;

Si: del 0,005 % al 2,000 %;

Mn o Cr, o ambos: del 1,00 % al 3,00 % en total;

Al: del 0,005 % al 0,100 %;

15 B: del 0,0003 % al 0,0020 %;

P: no más del 0,030 %;

S: no más del 0,0100 %;

O: no más del 0,0070 %;

N: no más del 0,0070 %;

20 Ti: del 0 % al 0,100 %;

Nb: del 0 % al 0,100 %;

V: del 0 % al 0,100 %;

Ni: del 0 % al 2,00 %;

Cu: del 0 % al 2,00 %;

25 Mo: del 0 % al 0,50 %;

Ca o REM (por sus siglas en inglés), o ambos: 0 % - 0,0300 % en total; y

el resto: Fe e impurezas, y

una velocidad máxima de enfriamiento no es más de 70°C/s y una velocidad mínima de enfriamiento no es menos de 5°C/s en un intervalo de temperaturas de (punto Ms -120)°C a 100°C.

30 6. El método de fabricación de una pieza estampada en caliente según la reivindicación 5, en donde la composición química satisface:

Ti: 0,005 % - 0,100 %;

Nb: 0,005 % - 0,100 %; o

V: 0,005 % - 0,100 %; o

35 cualquier combinación de los mismos.

7. El método de fabricación de una pieza estampada en caliente según la reivindicación 5 ó 6, en donde la composición química satisface:

Ni: 0,05 % - 2,00 %;

Cu: 0,05 % - 2,00 %; o

Mo: 0,05 % - 0,50 %; o

cualquier combinación de los mismos.

8. El método de fabricación de la pieza estampada en caliente según la reivindicación 5 a 7, en donde la composición química satisface

5 Ca o REM (por sus siglas en inglés) o ambos: 0,0005 % - 0,0300 % en total.

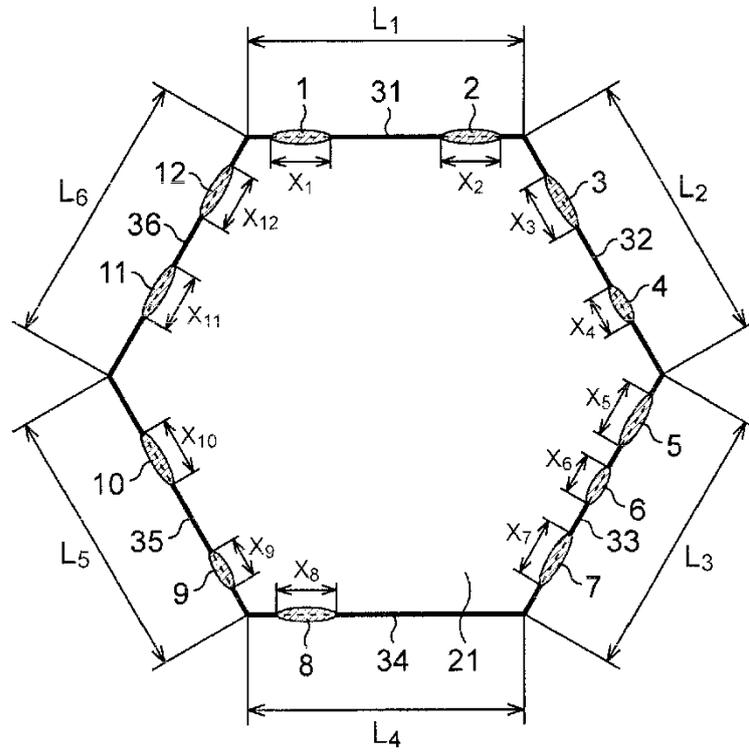


Figura 1