

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 972 661**

51 Int. Cl.:

C22C 38/02	(2006.01)	C22C 38/12	(2006.01)	C23C 2/28	(2006.01)
C22C 38/04	(2006.01)	C22C 38/14	(2006.01)	C23C 2/40	(2006.01)
C22C 38/06	(2006.01)	B21D 22/02	(2006.01)	C21D 1/26	(2006.01)
C21D 1/18	(2006.01)	C22C 38/22	(2006.01)	C21D 8/00	(2006.01)
C21D 8/02	(2006.01)	C22C 38/24	(2006.01)		
C21D 7/13	(2006.01)	C22C 38/26	(2006.01)		
C21D 1/673	(2006.01)	C22C 38/38	(2006.01)		
C21D 9/48	(2006.01)	C21D 8/04	(2006.01)		
C21D 9/00	(2006.01)	C23C 2/02	(2006.01)		
C22C 38/00	(2006.01)	C23C 2/06	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.12.2018** **PCT/CN2018/124171**

87 Fecha y número de publicación internacional: **31.10.2019** **WO19205699**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.12.2018** **E 18917017 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.02.2024** **EP 3789509**

54 Título: **Acero para estampación en caliente, procedimiento de estampación en caliente y componente estampado en caliente**

30 Prioridad:

28.04.2018 CN 201810401260

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
13.06.2024

73 Titular/es:

IRONOVATION MATERIALS TECHNOLOGY CO., LTD. (100.0%)
B-1203, No. 388 Ruoshui Road, Suzhou
Jiangsu 215000, CN

72 Inventor/es:

YI, HONGLIANG;
YANG, DAPENG;
XIONG, XIAOCHUAN y
WANG, GUODONG

74 Agente/Representante:

GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

ES 2 972 661 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

Acero para estampación en caliente, procedimiento de estampación en caliente y componente estampado en caliente

Campo técnico

5 La presente invención se refiere a un acero para estampación en caliente, un procedimiento de estampación en caliente y un componente estampado en caliente.

Técnica antecedente

10 El aligeramiento es una forma importante de ahorrar energía y reducir las emisiones en la industria del automóvil. Cada 10% de reducción de la masa de la carrocería de un coche puede reducir el consumo de combustible entre un 5 y un 10%. Por lo general, el acero representa más del 60% de los materiales de la carrocería. El uso de acero avanzado de alta resistencia puede reducir el grosor de las piezas, disminuir el uso del material y realizar la reducción de peso de la carrocería, garantizando al mismo tiempo la seguridad del automóvil. Sin embargo, con el aumento de la resistencia del acero a temperatura ambiente, el rendimiento del conformado disminuye, y el conformado del acero de alta resistencia a temperatura ambiente se enfrenta a problemas como el recuperación elástica y el desgaste de las matrices de conformado. Por lo tanto, la estampación en frío a temperatura ambiente sólo puede utilizarse
15 generalmente para aceros con una resistencia inferior a 1000MPa.

20 Por otro lado, la estampación en caliente consiste en calentar el material de la chapa hasta un estado austenizado a alta temperatura, en el que la chapa de acero tiene una resistencia baja (normalmente inferior a 200 MPa) y un alargamiento alto (de hasta el 50%) y puede conformarse en componentes con una alta conformabilidad y casi sin recuperación elástica. Además, los componentes conformados se enfrían por conducción de calor sólido en la matriz, se transforman en martensita y se endurecen, de modo que la resistencia puede alcanzar más de 1500MPa, que es el medio más eficaz para resolver la contradicción entre alta resistencia y conformabilidad. En comparación con la estampación en frío, la estampación en caliente tiene las ventajas de la alta resistencia de las piezas, la buena conformabilidad, el pequeño tonelaje necesario para la estampación y la alta precisión dimensional de las piezas.

25 La estampación en caliente fue propuesta por una empresa sueca en los años ochenta. En los últimos años, la industria del automóvil de todo el mundo ha invertido mucha energía en el desarrollo de chapas de acero de ultra alta resistencia y la investigación de la tecnología de estampación en caliente, y los principales fabricantes de automóviles de Europa, América, Japón y China han comenzado a tratar de utilizar componentes de chapa de acero de ultra alta resistencia producidos por la tecnología de estampación en caliente, como la barra del parachoques de la puerta del vehículo, la viga de refuerzo del parachoques, el pilar A, el pilar B, el pilar C, la viga de refuerzo del marco de la puerta, etc.

30 La patente CN105518173A (en lo sucesivo Documento de Patente 1) divulga un material de estampación en caliente y un procedimiento de producción del mismo. En el material de estampación en caliente descrito en el Documento de Patente 1, el contenido de B (boro) es del 0,0003- 0,002%, preferentemente superior al 0,0005%. En este caso, el efecto de B es mejorar la templabilidad de la chapa de acero para estampación en caliente, de modo que resulte fácil obtener martensita en la microestructura de los componentes estampados en caliente.

35 El elemento B en estado de átomos de solución sólida se segrega en el límite de grano durante la austenización de la chapa de acero para impedir la nucleación de ferrita, garantizando así que la chapa de acero austenizado tenga suficiente templabilidad durante la deformación por estampación y el enfriamiento en la matriz e inhibiendo la generación de ferrita, y se obtenga la microestructura final dominada por martensita tras el enfriamiento, de modo que pueda alcanzarse una resistencia a la tracción superior a 1500MPa. Al mismo tiempo, el B, como inhibidor eficaz de la ferrita, puede reducir en gran medida la adición de elementos de aleación como Mn, Cr, lo que es beneficioso para
40 reducir el coste de la aleación.

45 Sin embargo, el acero fundido contendrá inevitablemente N derivado de las materias primas y del aire. Dependiendo de la calidad metalúrgica, el contenido de N en el acero fundido suele ser de 20-60 ppm y, si es anormal, puede ser incluso superior a 100 ppm. Debido a la alta difusibilidad del B, el N que se solubiliza en el acero puede formar inclusiones de BN con B, y el BN existe de forma estable en la austenita. La temperatura de austenización durante la estampación en caliente es de unos 900°C. El BN no puede disolverse a esta temperatura, por lo que el efecto de inhibición de la generación de ferrita por segregación de B en el límite de grano de la austenita se debilita o incluso desaparece.

50 Para ejercer eficazmente el efecto de B, en el Documento de Patente 1 se añade un elemento formador de nitruro fuerte Ti. Dado que la fuerza de enlace del Ti con el N es superior a la del B, puede formarse TiN para lograr el propósito de fijar el N manteniendo el B en forma de átomos de solución sólida, de modo que el B pueda ejercer el efecto de inhibir la generación de ferrita y aumentar la templabilidad de la chapa de acero.

55 Sin embargo, cuando se utiliza Ti para fijar nitrógeno, pueden formarse partículas gruesas de TiN (con un tamaño de partícula $\geq 1 \mu\text{m}$). Además, el TiN tiene una alta temperatura de disolución y no se disuelve durante el procedimiento de austenización a unos 900°C, permaneciendo en la microestructura de la pieza formada final. Las partículas duras gruesas de TiN o las partículas de TiN con una densidad relativamente alta se convertirán en fuente de grietas cuando

se deforme el material, lo que provocará la escisión y la fractura del acero martensítico estampado en caliente y reducirá gravemente la tenacidad al impacto de la chapa de acero.

Además, CN102906291A (en lo sucesivo Documento de Patente 2) divulga un miembro prensado de alta resistencia y un procedimiento de producción del mismo. En el Documento de Patente 2, un acero que contiene 0,12-0,69% C, más de 0,7% Si+Al, y 0,5-3,0% de Mn se enfría a la temperatura entre M_s y M_f (50-350°C en el Documento de Patente 2) después de ser calentado a la temperatura de austenización (750-1000°C en el Documento de Patente 2) y se mantiene a esta temperatura, y después se calienta a la zona de transformación de bainita (350-490°C en el Documento de Patente 2), y la austenita retenida se descompone para producir ferrita bainítica y austenita retenida rica en carbono, y el alargamiento de la chapa de acero se incrementa utilizando el efecto TRIP de la austenita retenida.

Sin embargo, en el Documento de Patente 2, se requiere enfriar el acero a una temperatura comprendida entre M_s y M_f . Según la composición del acero del Documento de Patente 2, dicha temperatura debe ser superior a la temperatura ambiente. Es difícil controlar con precisión dicha temperatura mientras la chapa de acero se enfría en la matriz después de ser estampada en caliente, y es necesario elevarla inmediatamente al rango de temperatura de transformación de bainita, lo que es difícil de conseguir con los equipos industriales existentes para el procedimiento de estampación en caliente.

El documento EP 1 642 991 A1 divulga un procedimiento de conformación en caliente y un miembro conformado en caliente. El miembro conformado por prensado en caliente tiene una resistencia y tenacidad estables y se fabrica a partir de una chapa de acero de alta resistencia mediante conformado por prensado en caliente. El titanio (Ti) es un elemento que se utiliza para aumentar la templabilidad de la chapa de acero y garantizar de forma estable la resistencia tras el temple. Además, tiene el efecto de aumentar la tenacidad de las partes endurecidas. Se supone que, si el contenido de Ti es inferior al 0,01%, estos efectos no son adecuados.

El documento CN 107829037 A describe una chapa de acero para conformación por estampación en caliente. La chapa de acero contiene, en peso, 0,03%-0,5% de C, 1,8%-4,1% de Mn, 1,5%-2,5% de Al y el resto Fe e impurezas inevitables.

El documento WO 2018/067554 A1 describe un acero endurecible por prensado que comprende por porcentaje en masa total de acero 0,1% a 0,5% de C, 1,0% a 10,0% de Mg; y 0,02% o 2,0% de Si. se añade aluminio para la oxidación durante la fabricación del acero y para proporcionar un fortalecimiento por solución sólida. El titanio se añade para absorber nitrógeno.

Divulgación de la invención

La presente invención se realiza en vista de los problemas mencionados anteriormente existentes en el estado de la técnica, y uno de los objetos es proporcionar un acero para estampación en caliente, que no contenga grandes inclusiones de TiN con tamaño de partícula $\geq 1 \mu\text{m}$, y al mismo tiempo, el acero tenga suficiente templabilidad.

Otro objeto de la presente invención es proporcionar un procedimiento de estampación en caliente que sea sencillo y pueda completarse con el equipo de estampación en caliente existente.

Otro objeto de la presente invención es proporcionar un componente conformado que no contenga grandes inclusiones de TiN con tamaño de partícula $\geq 1 \mu\text{m}$ y pueda evitar el problema de la tenacidad anormalmente reducida causada por ello.

Según un primer aspecto de la presente invención, se proporciona un acero para estampación en caliente, que en porcentaje en peso contiene C: 0,2-0,4%, Si: 0-0,8%, Al: 0,6-1,0%, B: 0,0005-0,005%, Mn: 0,5-3,0%, Mo: 0-1%, Cr: 0-2%, Ni: 0-5%, V: 0-0,4%, Nb: 0-0,2%, Ti: $\leq 0,01\%$, y N: $0,0035\% \leq N \leq 0,01\%$ siendo el resto Fe y elementos de impureza como P, S inevitables durante la fundición, el acero no contiene partículas de TiN con tamaño de partícula $\geq 1 \mu\text{m}$. Aquí se satisface $29 \cdot \text{Mo} + 16 \cdot \text{Mn} + 14 \cdot \text{Cr} + 5,3 \cdot \text{Ni} \geq 30\%$ cuando $B \leq 0,0005\%$ (no forma parte de la invención), y se contiene 0,6-1,0 % Al cuando $0,0005\% < B \leq 0,005\%$.

El acero para estampación en caliente según la presente invención no contiene Ti o solo contiene trazas de Ti, evitando así la generación de inclusiones de TiN duro de gran tamaño (con tamaño de partícula $\geq 1 \mu\text{m}$) y la consiguiente reducción anormal de la tenacidad de los componentes estampados en caliente. Al mismo tiempo, se garantiza la templabilidad de la chapa de acero, lo que puede asegurar la obtención de la microestructura dominada por la martensita tras la estampación en caliente. Concretamente, cuando $B \leq 0,0005\%$, que no forma parte de la invención tal como se define literalmente en las reivindicaciones, para garantizar la templabilidad de la chapa de acero, se añade una cierta cantidad de elementos de aleación Mn, Mo, Cr, Ni, y se satisface la fórmula relacional $29 \cdot \text{Mo} + 16 \cdot \text{Mn} + 14 \cdot \text{Cr} + 5,3 \cdot \text{Ni} \geq 30\%$. Por otro lado, cuando $0,0005\% < B \leq 0,005\%$, se añade 0,6-1,0% de Al para fijar el N, evitando así la generación de BN y ejerciendo el efecto del B en la inhibición de la generación de ferrita.

Además, el acero para estampación en caliente según la presente invención tiene una velocidad de enfriamiento crítica para producir martensita completa de menos de 30°C/s , que puede cumplir los requisitos de templabilidad de los equipos convencionales de estampación en caliente, de modo que la estampación en caliente puede llevarse a cabo con equipos convencionales de estampación en caliente. Y tras la estampación en caliente y el templado, puede

alcanzarse un límite elástico de 1200-1800MPa, una resistencia a la tracción de 1500-2150 MPa y un alargamiento del 7-10%, una tenacidad al impacto de $\geq 45\text{J}\cdot\text{cm}^{-2}$ a -40°C con una confianza del 99,5%.

5 Como solución preferida, el acero para estampación en caliente tiene en porcentaje en peso un contenido de C de 0,20-0,38%, un contenido de Si de 0,1-0,5%, un contenido de Mn de 0,8-2,2%, un contenido de Cr de 0,1-0,5%, un contenido de Mo de 0,2-0,6%, y un contenido de Ti de 0-0,01% (0,01 % excluido).

Como otra solución preferida, el acero para estampación en caliente tiene en porcentaje en peso un contenido de C de 0,24-0,4%, un contenido de Si de 0,1-0,5%, un contenido de Mn de 0,8-2,2%, un contenido de Cr de 0,1-0,5%, y un contenido de B de 0,0005-0,004%.

10 Como ejemplo que no forma parte de la invención tal como se define literalmente en las reivindicaciones, el acero para estampación en caliente tiene en porcentaje en peso un contenido de C de 0,3-0,4%, un contenido de Si de 0,1-0,8%, un contenido de Mn de 0,8-2,2%, un contenido de Cr de 0-0,5%, un contenido de B de 0,0005-0,004%, y un contenido de Al de 0,4-0,9%.

El acero para la estampación en caliente puede ser una chapa de acero laminada en caliente, una chapa decapada laminada en caliente, una chapa de acero laminada en frío o una chapa de acero con revestimiento.

15 Entre ellas, la chapa de acero con revestimiento puede ser una chapa de acero con revestimiento de zinc, y la chapa de acero con revestimiento de zinc es una chapa de acero laminada en caliente o una chapa de acero laminada en frío formada con un revestimiento de zinc metálico, en el que el revestimiento de zinc metálico puede estar formado por al menos uno de los siguientes procedimientos: galvanización en caliente, recocido de galvanización, galvanización de zinc y galvanización de zinc-hierro.

20 Entre ellas, la chapa de acero con revestimiento es una chapa de acero laminada en caliente o una chapa de acero laminada en frío formada con un revestimiento de aluminio-silicio o una chapa de acero formada con un revestimiento orgánico.

25 De acuerdo con un segundo aspecto de la presente invención, se proporciona un procedimiento de estampación en caliente, que incluye las siguientes etapas: una etapa de austenización del acero, en la que se proporciona el acero para estampación en caliente del primer aspecto o un componente preformado de dicho acero para estampación en caliente como se ha descrito anteriormente, y se calienta a $800-950^{\circ}\text{C}$ y luego se mantiene a esta temperatura durante 1 a 10000s; una etapa de transferencia del acero, en la que el acero antes mencionado o su componente preformado después de la etapa de austenización del acero antes mencionada se transfiere a una matriz de estampación en caliente, manteniéndose la temperatura del acero a 550°C o más durante la transferencia; una etapa de estampación en caliente, en la que se lleva a cabo la estampación, el mantenimiento de la presión y el enfriamiento, de modo que el acero en la matriz se enfría a 250°C o menos a una velocidad media de enfriamiento de 10°C/s o superior, garantizando que la temperatura de un componente cuando éste sale de la matriz sea inferior a 250°C .

30 Por ejemplo, el tiempo de mantenimiento de la presión de la lámina con un grosor de 1,2 mm puede establecerse entre 5 y 15 s, y el tiempo de mantenimiento de la presión de la lámina con un grosor de 1,8 mm puede establecerse entre 7 y 20 s.

El procedimiento de estampación en caliente según la presente invención es sencillo de controlar y puede completarse con equipos industriales de estampación en caliente ya existentes.

40 En la etapa de austenización del acero, puede elegirse como un procedimiento de calentamiento cualquiera de los siguientes: horno de solera de rodillos, horno de calentamiento en caja, calentamiento por inducción y calentamiento por resistencia.

Preferiblemente, después de la etapa de estampación en caliente, se incluye una etapa de templado, en la que el componente formado se calienta a $150-280^{\circ}\text{C}$ de cualquier manera y luego se mantiene a esta temperatura durante 0,5-120 minutos, y luego se enfría de cualquier manera.

Entre ellas, la etapa de templado puede llevarse a cabo en un proceso de pintura.

45 De este modo, el templado puede llevarse a cabo en la etapa de pintura del procedimiento de montaje final del automóvil sin añadir adicionalmente un procedimiento de tratamiento térmico.

50 Según un tercer aspecto de la presente invención, se proporciona un componente estampado en caliente, que en porcentaje en peso contiene C: 0,2-0,4%, Si: 0-0,8%, Al: 0,6-1,0%, B: 0,0005-0,005%, Mn: 0,5-3,0%, Mo: 0-1%, Cr: 0-2%, Ni: 0-5%, V: 0-0,4%, Nb: 0-0,2%, Ti: $<0,01\%$ (excluido el 0,01%), y N: $0,0035\%\leq\text{N}\leq 0,01\%$ siendo el resto Fe y elementos de impureza como los inevitables durante la fundición, el acero no contiene partículas de TiN con tamaño de partícula $\geq 1\mu\text{m}$. Aquí se satisface $29\text{Mo}+16\text{Mn}+14\text{Cr}+5,3\text{Ni}\geq 30\%$ cuando $\text{B}\leq 0,0005\%$ (no forma parte de la invención), y se contiene 0,6-1,0% Al cuando $0,0005\%<\text{B}\leq 0,005\%$.

El componente estampado en caliente según la presente invención no contiene partículas de TiN con un tamaño de partícula $\geq 1 \mu\text{m}$, evitando así el problema de la tenacidad anormalmente reducida causada por ello, y puede fabricarse con equipos de estampación en caliente convencionales. Al mismo tiempo, el componente estampado en caliente según la presente invención también puede obtener buenas propiedades mecánicas. En concreto, se puede conseguir un límite elástico de 1200-1800 MPa, una resistencia a la tracción de 1500-2150 MPa y un alargamiento del 7-10%, una tenacidad al impacto de $\geq 45\text{J}\cdot\text{cm}^{-2}$ a -40°C . Dichas propiedades mecánicas son equivalentes a las del acero con Ti existente para estampación en caliente e incluso ligeramente mejoradas. es del 0,1-0,5%, y el contenido en B es del 0,0005-0,004% en porcentaje en peso.

Como otra solución preferida, en el componente estampado en caliente, el contenido de C es de 0,3-0,4%, el contenido de Si es de 0,1-0,8%, el contenido de Mn es de 0,8-2,2%, el contenido de Cr es de 0-0,5%, el contenido de B es de 0,0005-0,004%, y el contenido de Al es de 0,4-0,9% en porcentaje en peso. Según dicha solución, se puede conseguir una alta resistencia bajo la condición de una proporción de composición relativamente baja de aleaciones caras. Sus propiedades mecánicas son: resistencia a la tracción $\geq 1800\text{MPa}$, alargamiento $\geq 7,5\%$, -40°C Tenacidad al impacto Charpy (CVN) $\geq 50\text{J}\cdot\text{cm}^{-2}$.

El componente estampado en caliente de la presente invención puede fabricarse mediante el procedimiento de estampación en caliente del segundo aspecto.

Breve descripción de los dibujos

Preferiblemente, en el componente estampado en caliente, el contenido de C es de 0,20-0,38%, el contenido de Si es de 0,1-0,5%, el contenido de Mn es de 0,8-2,2%, el contenido de Cr es de 0,1-0,5%, y el contenido de Mo es de 0,2-0,6% en porcentaje en peso.

Como otra solución preferida, en el componente estampado en caliente, el contenido de C es de 0,24-0,4%, el contenido de Si es de 0,1-0,5%, el contenido de Mn es de 0,8-2,2%, y el contenido de Cr es de 0,1-0,5%, y el contenido de B es de 0,0005-0,004% en porcentaje en peso.

Como ejemplo que no forma parte de la invención tal como se define literalmente en las reivindicaciones, en el componente estampado en caliente, el contenido de C es de 0,3-0,4%, el contenido de Si es de 0,1-0,8%, el contenido de Mn es de 0,8-2,2%, el contenido de Cr es de 0-0,5%, el contenido de B es de 0,0005-0,004%, y el contenido de Al es de 0,4-0,9% en porcentaje en peso. Según dicha solución, se puede conseguir una alta resistencia bajo la condición de una proporción de composición relativamente baja de aleaciones caras. Sus propiedades mecánicas son: resistencia a la tracción $\geq 1800\text{MPa}$, alargamiento $\geq 7,5\%$, -40°C Tenacidad al impacto Charpy (CVN) $\geq 50\text{J}\cdot\text{cm}^{-2}$.

El componente estampado en caliente de la presente invención puede fabricarse mediante el procedimiento de estampación en caliente del segundo aspecto.

Breve descripción de los dibujos

La FIG. 1 muestra la morfología de fractura por impacto a 20°C del acero ejemplar para la presente invención, el acero NT1.

La FIG. 2 muestra la morfología de fractura por impacto a -40°C del acero ejemplar para la presente invención, el acero NT1.

La FIG. 3 muestra la morfología de la fractura por impacto del acero de comparación, el acero CS1, cuando los datos de impacto son normales.

La FIG. 4 muestra la morfología de la fractura por impacto del acero de comparación, el acero CS1, cuando los datos de impacto son anormales.

La FIG. 5 muestra la morfología de la fractura por impacto del acero de comparación, el acero CS2, cuando los datos de impacto son anormales.

Descripción detallada de realizaciones ejemplares

Las soluciones técnicas de la presente invención se describirán a continuación junto con las realizaciones específicas.

El acero para estampación en caliente de la presente invención se define en la reivindicación 1. La función y la base de la proporción de cada elemento de la presente invención se describen a continuación.

C: El carbono puede estabilizar la fase austenita y reducir la temperatura A_{c3} , reduciendo así la temperatura de conformación en caliente. El carbono es un elemento de solución sólida intersticial, y su efecto de refuerzo es mucho mayor que el de un elemento de solución sólida sustitucional. A medida que aumenta el contenido de carbono en el acero, también aumentará el contenido de carbono en la martensita tras el enfriamiento, mejorando así la resistencia de la martensita. Por lo tanto, en condiciones de templabilidad garantizada, la resistencia puede mejorarse eficazmente aumentando el contenido de carbono. Aumentar el contenido de carbono es el medio más eficaz para mejorar la

resistencia del acero estampado en caliente, pero a medida que aumenta el contenido de carbono, disminuye la tenacidad de la chapa de acero y se deteriora el rendimiento de la soldadura. En general, el contenido de carbono no debe ser demasiado alto. El contenido de carbono del acero de la presente invención es del 0,2-0,4%.

5 Si: El silicio es un desoxidante eficaz y tiene un fuerte efecto de refuerzo de la solución sólida. También puede inhibir la precipitación de cementita durante el procedimiento de templado y mejorar la estabilidad de templado del acero. Un contenido de silicio demasiado alto puede causar problemas de calidad superficial, por lo que el contenido de silicio del acero de la presente invención es del 0-0,8%.

10 Al: Para evitar la generación de inclusiones de TiN de gran tamaño, en la presente invención se adopta un diseño de composición que no contiene Ti o que contiene una cantidad mínima de Ti. En la presente invención, cuando el contenido de B es superior al 0,0005%, para evitar la generación de BN y ejercer el efecto de segregación de B en el límite de grano de la austenita para mejorar la templabilidad, debe añadirse Al con un contenido relativamente alto para que se una al N. Tras una minuciosa investigación, los inventores han descubierto que la generación de BN puede evitarse añadiendo 0,4% o más de Al. Demasiada adición de Al aumentará la temperatura A_{c3} del acero, y causará el problema de que aumente la resistencia en la abertura del cristalizador de colada continua. Por lo tanto, 15 cuando el contenido de B es superior al 0,0005%, se requiere que el contenido de Al del acero de la presente invención sea del 0,4-1,0%; cuando el contenido de B es inferior al 0,0005%, no es necesario mantener el B mediante el uso de Al, y el contenido de Al puede ser inferior al 0,4% o puede no añadirse Al.

20 B: B puede segregarse en los límites de grano de la austenita, inhibiendo así la generación de ferrita y mejorando la templabilidad del acero durante la estampación en caliente. Un contenido de B superior al 0,0005% sólo puede desempeñar el papel de inhibir la generación de ferrita, un contenido demasiado alto de B provocará fragilización por boro, por lo que el contenido de B del acero de la presente invención puede ser de 0,0005-0,005%; en las realizaciones que no forman parte de la invención tal como se define literalmente en las reivindicaciones, cuando $29\text{*Mo}+16\text{*Mn}+14\text{*Cr}+5,3\text{*Ni} \geq 30\%$, puede garantizarse la templabilidad del acero, y el contenido de B puede ser inferior al 0,0005% o puede no añadirse B.

25 Mn: El manganeso es el elemento de aleación más utilizado para mejorar la templabilidad y puede ampliar la zona de austenita y reducir la temperatura A_{c3} , lo que es beneficioso para reducir la temperatura de estampación en caliente y refinar los granos de austenita originales. El Mn tiene una fuerte fuerza de enlace con el O y el S, y es un buen desoxidante y desulfurizante, que puede reducir o eliminar la fragilidad en caliente del acero causada por el azufre y mejorar la trabajabilidad en caliente del acero. Un contenido demasiado alto de Mn reducirá la resistencia a la oxidación del acero y, al mismo tiempo, deteriorará el rendimiento de la soldadura y el conformado. El contenido de manganeso 30 en el acero de la presente invención es de 0,5-3,0%.

35 Mo: el molibdeno puede mejorar significativamente la templabilidad del acero, 0,2% y más molibdeno puede inhibir eficazmente la generación de ferrita y mejorar significativamente la templabilidad del acero. El molibdeno también puede mejorar la soldabilidad y la resistencia a la corrosión del acero. Limitado al coste, el contenido en Mo no debe ser demasiado elevado. El contenido de Mo en el acero de la presente invención puede ser de 0-1,0%.

Elementos para aleación como Cr y Ni: elementos como el cromo, el níquel pueden mejorar la templabilidad del acero y mejorar la resistencia y la dureza del acero. Una adición mixta de Cr y Ni puede mejorar significativamente la templabilidad del acero, pero por consideración a los costes, el contenido total no debe ser demasiado alto, el contenido de Cr puede ser del 0-2%, y el de Ni del 0-5%.

40 Cuando el contenido de B es inferior a 0,0005%, lo que no forma parte de la invención tal como se define literalmente en las reivindicaciones, para mejorar la templabilidad de la chapa de acero, puede añadirse una cierta cantidad de elementos, como Mn, Mo, Cr, Ni. Los cuatro elementos mencionados tienen efectos diferentes sobre la templabilidad de la chapa de acero. En función de sus efectos sobre la templabilidad, los elementos se multiplican por los coeficientes correspondientes. El inventor ha descubierto mediante una investigación diligente que cuando 45 $29\text{*Mo}+16\text{*Mn}+14\text{*Cr}+5,3\text{*Ni} \geq 30\%$, puede garantizarse la templabilidad de la chapa de acero en un procedimiento normal de estampación en caliente.

50 V, Nb: una pequeña cantidad de vanadio y niobio puede formar granos refinados dispersos de carburos, nitruros y carbonitruros, mejorando así la resistencia y la tenacidad del acero y consumiendo el contenido de carbono de la matriz de martensita, lo que puede mejorar aún más la tenacidad; y como estos compuestos finos están dispersos entre las fases, puede producirse un refuerzo por precipitación. Una cantidad excesiva de adición de V y Nb no tiene ningún efecto evidente y aumenta el coste. El contenido de V en el acero de la presente invención es de 0-0,4%, y el contenido de Nb es de 0-0,2%.

55 Ti: El Ti tiene una fuerte fuerza de unión con el N. Cuando se utiliza Ti para fijar N, para garantizar una fijación completa del nitrógeno, debe cumplirse que la relación en peso de Ti respecto a N $w(\text{Ti})/w(\text{N}) \geq 3,4$, donde $w(\text{Ti})$ y $w(\text{N})$ representan respectivamente los porcentajes en peso de Ti y N en el acero. Cuando la relación estequiométrica entre Ti y N es igual a 1, $w(\text{Ti})/w(\text{N})$ es aproximadamente igual a 3,4. Cuando se cumple esta condición, el N en el acero puede reaccionar completamente con el Ti para precipitar TiN sin provocar una combinación del N residual en estado de solución sólida en el acero con B y una formación de BN. Si aumenta el contenido de N, debe añadirse Ti de mayor

contenido. Sin embargo, los inventores de la presente solicitud han descubierto que la fracción de volumen de partículas gruesas de TiN (con tamaño de partícula $\geq 1\mu\text{m}$) en el acero es proporcional a $w(\text{Ti}) \cdot w(\text{N})$, donde $w(\text{Ti}) \cdot w(\text{N})$ representa el producto de los porcentajes en masa de Ti y N en el acero. Si $w(\text{Ti}) \cdot w(\text{N})$ supera el producto de sus solubilidades sólidas, se precipitarán inclusiones de partículas de TiN en el acero fundido antes de que éste se solidifique, cuyo tamaño puede alcanzar más de 10 micras. El TiN tiene una alta temperatura de disolución, y no se disuelve durante el procedimiento de austenización a unos 900°C, permaneciendo en la microestructura del componente final formado. Las partículas duras gruesas de TiN o las partículas de TiN con alta densidad se convertirán en fuente de grietas cuando se deforme el material, lo que provocará la escisión y la fractura del acero martensítico estampado en caliente y reducirá gravemente la tenacidad al impacto de la chapa de acero. Por lo tanto, en la presente invención, se requiere que el contenido de Ti en el acero sea inferior al 0,01%, o no se podrá añadir Ti.

N: El nitrógeno es un elemento solubilizante intersticial que puede mejorar significativamente la resistencia del acero, y es un elemento estabilizador de la austenita, que expande la región de austenita y reduce la temperatura A_{c3} . El N es propenso a combinarse con elementos formadores de nitruros fuertes, como el Ti y el Al, para formar nitruros. El TiN es un nitruro precipitado a partir de líquido y es propenso a formar partículas de gran tamaño, lo que deteriora la tenacidad al impacto del acero. En la presente invención, no se añade Ti o se añaden trazas de Ti, lo que evita la formación de TiN de gran tamaño. En la presente invención, el Al se utiliza para fijar el N. Dado que el AlN es un nitruro precipitado a partir de sólido, bajo la influencia de la cinética de formación, puede formar inclusiones de AlN finas y dispersas, sin grave impacto en la tenacidad. Por lo tanto, en la presente invención se requiere que el contenido de N en el acero sea justo inferior al 0,01%.

P: En general, el fósforo es un elemento nocivo en el acero, que aumentará la fragilidad en frío del acero, deteriorará la soldabilidad, reducirá la plasticidad y deteriorará el rendimiento de la flexión en frío. En el acero de la presente invención, se requiere que el contenido de P sea inferior al 0,02 %.

S: El azufre también es un elemento perjudicial en general, que provoca la fragilidad del acero en caliente y reduce la ductilidad y el rendimiento de la soldadura del acero. En el acero de la presente invención, se requiere que el contenido de S sea inferior al 0,015%.

Como una realización preferente del acero de la presente invención, el contenido de C es de 0,20-0,38%, el contenido de Si es de 0,1-0,5%, el contenido de Mn es de 0,8-2,2%, el contenido de Cr es de 0,1-0,5%, el contenido de Mo es de 0,2- 0,6%, y el contenido de Ti es de 0-0,01% (0,01% excluido).

Como otra realización preferente del acero de la presente invención, el contenido de C es de 0,24-0,4%, el contenido de Si es de 0,1-0,5%, el contenido de Mn es de 0,8-2,2%, el contenido de Cr es de 0,1-0,5%, el contenido de B es de 0,0005-0,004%, el contenido de Ti es de 0-0,01% (0,01% excluido), y el contenido de Al es de 0,6-0,8%.

El acero de la presente invención se funde en lingotes de acero de acuerdo con la composición diseñada, y se somete a homogeneización a 1200°C durante 5 horas, se lamina en caliente hasta el espesor de 3mm en 5 a 8 pasadas con una temperatura final de laminación superior a 800°C, se enfría con aire hasta 650°C y se enfría en horno, y se somete a bobinado simulado, y se enfría a temperatura ambiente y luego se decapa, se lamina en frío hasta 1,5mm, y se somete a un experimento de estampación en caliente.

La Tabla 1 muestra la composición respectiva de los aceros ejemplares NT1-NT14 y los aceros comparativos CS1, CS2. El contenido de Ti en todos los aceros ejemplares es inferior al 0,01%, NT1-NT10 no tienen B o tienen un contenido de B inferior al 0,0005% (y por lo tanto no forman parte de la invención tal como se define literalmente en las reivindicaciones), y se añaden elementos como Mn, Mo, Cr, Ni para garantizar la templabilidad del acero; el contenido de B en NT11-NT14 es superior al 0,0005%, y se añade una cierta cantidad de Al para combinarse con el N y evitar la generación de BN, de los cuales NT13 y NT14 son aceros ejemplares de la presente invención. Los aceros comparativos CS1 y CS2 tienen la composición del acero de estampación en caliente de la producción industrial actual. El acero CS1 tiene un contenido de B de 0,002%, un contenido de N de 0,0045%, y se añade 0,039% de Ti para combinarse con el N; el CS2 contiene 0,0025% de B, y se añade 0,03% de Ti para combinarse con el N, y el contenido de N es de 0,0044%. Las velocidades críticas de enfriamiento se midieron calentando los materiales hasta la temperatura de austenización mediante un instrumento para medir el cambio de volumen causado por calor y enfriándolos a una velocidad de 10, 15, 20, 25 y 30 °C/s y observando las microestructuras resultantes. Se determinó una velocidad de enfriamiento crítica cuando se obtenía una microestructura de martensita completa.

Para producir 22MnB5 se utilizan equipos convencionales de estampación en caliente, cuya velocidad crítica de enfriamiento es de unos 30°C/s. Las velocidades críticas de enfriamiento de los aceros comparativos CS1 y CS2 se sitúan en el intervalo de 25-30°C/s. Las velocidades críticas de enfriamiento de los aceros ejemplares NT1-NT14, de los cuales NT13 y NT14 son aceros ejemplares de la presente invención, son todas inferiores o iguales a este valor, lo que indica que la composición de acero de la presente invención puede cumplir los requisitos de los equipos convencionales de estampación en caliente para la templabilidad, y todos los aceros ejemplares pueden obtener una microestructura de martensita completa después de la estampación en caliente con el procedimiento mostrado en la Tabla 2.

La Tabla 1 indica la composición (porcentaje en masa) y la velocidad crítica de enfriamiento (°C/s) de los aceros ejemplares y de los aceros comparativos.

Nº de acero	C	Si	Al	B	Mn	Mo	Cr	Ni	V	Nb	Ti	29*Mo+16*Mn+14*Cr+5. 3*Ni	N	Velocidad de enfriamiento crítica
NT1	0,30	0,3	-	-	2,0	0,2	-	-	0,2	0,05	-	37,8	0,0046	25-30
NT2	0,35	0,2	-	-	2,0	-	0,5	-	0,3	-	-	39,0	0,0039	25-30
NT3	0,31	0,4	-	-	2,0	-	-	2,1	-	-	-	43,1	0,0043	20-25
NT4	0,33	0,2	-	-	1,1	0,4	0,6	-	-	0,07	-	31,6	0,0052	25-30
NT5	0,26	0,2	-	-	1,2	0,5	-	0,9	0,2	-	-	38,5	0,0049	20-25
NT6	0,28	0,3	-	-	1,0	-	1,2	0,7	-	0,06	-	36,5	0,0035	20-25
NT7	0,31	0,3	-	-	1,3	0,3	0,5	-	0,2	0,05	-	36,5	0,0047	15-20
NT8	0,27	0,2	-	-	1,2	0,1	-	3,0	-	-	-	38	0,0041	20-25
NT9	0,29	0,4	-	-	1,7	-	1,8	-	0,1	-	-	52,4	0,0052	15-20
NT10	0,32	0,2	-	-	0,8	0,2	0,7	1,1	0,3	-	-	34,2	0,0044	15-20
NT11	0,27	0,2	0,45	0,0009	2	-	-	-	-	0,05	-	-	0,0046	25-30
NT12	0,33	0,2	0,45	0,0021	2	0,2	-	-	0,2	0,05	-	-	0,0048	15-20
NT13	0,32	0,2	0,6	0,0015	1,6	-	-	-	0,2	0,05	-	-	0,0045	20-25
NT14	0,31	0,2	0,85	0,0010	2	-	-	-	0,2	0,05	-	-	0,0043	15-20
CS1	0,33	0,2	-	0,0015	1, a'	-	-	-	0,2	-	0,039	-	0,0015	25-30
CS2	0,23	0,2	-	0,0025	1,2	-	-	-	-	-	0,030	-	0,0044	25-30

El procedimiento de estampación en caliente de la presente solicitud incluye las siguientes etapas:

- 5 Austenización del acero: suministrar el acero para estampación en caliente con los elementos de aleación antes mencionados o su componente preformado, y calentarlo a 800-950°C y mantenerlo a esta temperatura de 1 a 10000s, donde el procedimiento de calentamiento para dicha etapa del procedimiento puede ser, entre otros, horno de solera de rodillos, horno de calentamiento de caja, calentamiento por inducción y calentamiento por resistencia;
- 10 Transferencia del acero: transferir el acero calentado antes mencionado a una matriz de estampación en caliente, garantizando que la temperatura del acero sea igual o superior a 550°C mientras se transfiere a la matriz;
- 15 Estampación en caliente: eligiendo un tonelaje de prensa razonable en función del tamaño de la chapa de acero mencionada, con un valor de presión de estampación de, por ejemplo, 1-40 MPa, y determinando el tiempo de mantenimiento de la presión en función del grosor de la chapa, que, por ejemplo, se mantiene en 4-40s. Por ejemplo, el tiempo de mantenimiento de la presión de la hoja con un espesor de 1,2 mm se puede ajustar a 5-15s, y el tiempo de mantenimiento de la presión de la hoja con un espesor de 1,8 mm se puede ajustar a 7-20s. Por ejemplo, el sistema de refrigeración de la matriz mantiene la temperatura de la superficie de la matriz a 200°C o menos, de modo que el acero se enfría a 250°C o menos a una velocidad media de enfriamiento no inferior a 10°C/s en la matriz para garantizar que la temperatura de un componente sea igual o inferior a 250°C cuando el componente sale de la matriz.
- 20 Tras la estampación en caliente, también puede llevarse a cabo el templado. Por ejemplo, durante el procedimiento de pintado, el componente formado se calienta a 150-200° C y se mantiene a esta temperatura durante 10-40 minutos; o el componente formado antes mencionado se calienta a 150- 280°C de cualquier manera y se mantiene a esta temperatura durante 0,5-120 minutos y luego se enfría de cualquier manera.
- 25 La Tabla 2 muestra los parámetros del procedimiento de estampación en caliente de los aceros ejemplares NT1 a NT14, de los cuales NT13 y NT14 son aceros ejemplares de la presente invención, y los aceros comparativos CS1 y CS2. Todos los aceros se mantienen a 870-900°C durante 5 minutos, y después se sacan las piezas y se colocan en la matriz de estampación en caliente, la temperatura de la pieza es de unos 700°C cuando se cierra la matriz, la presión de estampación es de 10MPa, la presión se mantiene durante 6s, la temperatura de un componente cuando el componente sale de la matriz es de unos 100°C, y después las piezas se enfrían al aire hasta la temperatura ambiente, y se templan a 170°C durante 20 minutos. Este procedimiento puede realizarse con equipos convencionales
- 30 de estampación en caliente.

La tabla 2 indica los parámetros del proceso procedimiento de estampación en caliente de los aceros ejemplares.

Nº de acero	Temperatura de austenización /°C	Tiempo de austenización /min	Presión de estampación /MPa	Temperatura de la pieza al entrar la matriz /°C	Tiempo de mantenimiento de la presión /s	Temperatura del componente a la salida de la matriz /°C	Temperatura de templado /°C	Tiempo de templado /min
NT1	900	5	10	690	6	92	170	20
NT2	900	5	10	702	6	103	170	20
NT3	910	5	10	695	6	108	170	20
NT4	910	5	10	710	6	95	170	20
NT5	900	5	10	691	6	97	170	20
NT6	890	5	10	699	6	102	170	20
NT7	900	5	10	702	6	105	170	20
NT8	880	5	10	706	6	98	170	20
NT9	870	5	10	685	6	94	170	20
NT10	910	5	10	703	6	105	170	20
NT11	900	5	10	698	6	103	170	20
NT12	910	5	10	707	6	94	170	20
NT13	900	5	10	690	6	101	170	20
NT14	910	5	10	709	6	107	170	20
CS1	900	5	10	693	6	102	170	20
CS2	900	5	10	703	6	104	170	20

La Tabla 3 muestra las propiedades mecánicas de los aceros ejemplares NT1 a NT14 y de los aceros comparativos CS1 y CS2 después de la estampación en caliente. Las probetas de tracción son probetas estándar ASTM con una longitud de calibre de 50 mm, y la velocidad de deformación para el ensayo de las propiedades mecánicas de tracción es de 2 mm/min. El límite elástico es el valor de la tensión que produce una deformación residual del 0,2%. El espécimen de impacto es un espécimen de impacto de tres capas. El ensayo de impacto se realiza no menos de 30 veces para cada tipo de acero, con lugares de muestreo aleatorios.

Los resultados experimentales muestran que todos los aceros ejemplares, de los cuales NT13 y NT14 son aceros ejemplares de la presente invención, tienen un límite elástico de ≥ 1200 MPa, una resistencia a la tracción de ≥ 1500 MPa, y un alargamiento de $\geq 7\%$, que son equivalentes al rendimiento de los aceros comparativos, y el rendimiento de algunos aceros ejemplares es incluso ligeramente mejorado en comparación con el rendimiento de los aceros comparativos.

La mayoría de los datos del acero comparativo CS1 a 20°C son iguales o superiores a 60 J-cm⁻², la tenacidad al impacto a -40°C es mayoritariamente superior a 55 J-cm⁻², pero existe una tasa de datos anormal de aproximadamente el 10%. Los datos anómalos muestran que la tenacidad al impacto a 20°C es de unos 29 J-cm⁻², y la tenacidad al impacto a -40°C es de unos 26 J-cm⁻². Tras el análisis de la fractura por impacto, como se muestra en la Fig.4, se ha encontrado una gran cantidad de inclusiones de TiN en la fractura donde el valor de impacto era anormal, con un tamaño de partícula superior a 1µm, y algunas incluso tienen un tamaño de partícula de hasta 10µm, lo que indica que la existencia de TiN de gran tamaño se ha convertido en el origen de la grieta, lo que reduce seriamente la tenacidad al impacto.

La mayoría de los datos de la tenacidad al impacto del acero de comparación CS2 a -40 °C y 20°C se concentran en torno a 60 J-cm⁻², pero existe una tasa de datos anormal de aproximadamente el 5%. Los datos anómalos muestran que la tenacidad al impacto es sólo de unos 40 J-cm⁻². Como se muestra en la Fig.5, se ha encontrado una gran cantidad de TiN en la fractura anormal del CS2, con un tamaño de partícula superior a 5µm, lo que indica que la razón de la reducción anormal de la tenacidad al impacto del CS2 radica en la generación de TiN de gran tamaño causada por un contenido relativamente alto de N.

Del análisis de los aceros comparativos CS1 y CS2 se desprende que la generación de TiN deteriorará la tenacidad del acero. Dado que el tamaño y la distribución del TiN se distribuyen normalmente según la probabilidad, tanto el CS1 como el CS2 que contienen inclusiones gruesas de TiN se encontrarán en condiciones anormales, con una tenacidad reducida a unos 40 J-cm⁻² o menos.

Para reducir la generación de TiN, se puede reducir el contenido de N o Ti en el acero. Como el contenido de N en el acero está limitado por la calidad metalúrgica, la reducción del contenido de N conducirá inevitablemente a un aumento sustancial de los costes de fabricación del acero. El contenido de Ti en el acero de la presente invención es inferior al 0,01%, y el contenido de TiN puede mantenerse a un nivel muy bajo sin producir partículas de TiN de gran tamaño, de modo que puede evitarse el problema de la insuficiente tenacidad causada por ello. Los aceros ejemplares NT1-NT14, de los cuales NT13 y NT14 son aceros ejemplares de la presente invención, tienen respectivamente un valor de tenacidad al impacto de 60 J-cm⁻² o superior a 20°C y una tenacidad al impacto de 50 J-cm⁻² o superior a -40°C, y no existen valores anormales. La Fig.1 muestra la morfología de la fractura por impacto a 20 °C del acero NT1, y la Fig.2 muestra la morfología de la fractura por impacto a -40 °C del acero NT1, en la que no se han encontrado inclusiones en la fractura. Esta morfología representa la morfología de fractura por impacto de todos los aceros ejemplares de la presente invención, lo que indica que las inclusiones en el acero de la presente invención no afectarán significativamente a la tenacidad al impacto.

La tabla 3 indica las propiedades mecánicas de los aceros ejemplares.

Nº de acero	Límite elástico MPa	Resistencia a la tracción MPa	Alargamiento %	Tenacidad al impacto a 20°C J-cm ²	Tenacidad al impacto a -40 °C J-cm ²
NT1	1380±16	1851±15	8,0±0,2	65,4±3,0	56,6±4,5
NT2	1610±19	1973±12	7,9±0,3	64,1±1,7	55,2±3,5
NT3	1426±11	1860±18	8,7±0,3	63,5±3,2	56,3±1,4
NT4	1518±17	1880±20	7,2±0,2	63,4±1,5	55,8±0,5
NT5	1218f 19	1560±14	7,9±0,3	66,4±2,8	56,4±2,7
NT6	1288±16	1651±16	8,1±0,3	63,1±1,9	55,2±3,8

Nº de acero	Límite elástico MPa	Resistencia a la tracción MPa	Alargamiento %	Tenacidad al impacto a 20°C J-cm ²	Tenacidad al impacto a -40 °C J-cm ²
NT7	1426±11	1885±19	8,5±0,1	63,5±3,0	54,7±1,9
NT8	1242±23	1665±11	7,5±0,2	63,9±1,7	55,5±0,9
NT9	1334±20	1801±20	8,2±0,3	63,8±2,9	56,9±4,2
NT10	1472±13	1884±17	7,6±0,3	66,1±2,0	54,8±3,8
NT11	1380±9	1743±13	7,7±0,3	65,2±1,4	54,8±0,8
NT12	1521±19	1965±23	8,7±0,3	63,2±1,4	53,8±0,8
NT13	1471f15	1887±22	7,9±0,2	66,9±1,9	56,7±3,6
NT14	1429f 18	1847±12	7,8±0,3	60,1±2,5	55,2±3,4
Normal CS1	1574±12	1905±13	8,5±0,3	64,0±3,2	55,1±1,4
CS1 anormal	1568±11	1901±14	8,2±0,2	29,0±1,5	26,4±2,1
Normal CS2	1156±17	1541±23	7,5±0,3	61,0±4,6	58,0±2,2
CS2 anormal	1144±16	1504±8	7,2±0,3	42,1±1,3	41,6±5,9

Como se muestra en la Tabla 3, el componente estampado en caliente, especialmente NT13 y NT14 de la presente invención, también puede obtener buenas propiedades mecánicas garantizando una buena tenacidad al impacto. Concretamente, puede alcanzarse un límite elástico de 1200-1800 MPa, una resistencia a la tracción de 1500-2150 MPa y un alargamiento del 7-10%, una tenacidad al impacto a -40°C de $\geq 45 \text{ J-cm}^{-2}$. Las propiedades mecánicas son equivalentes a las de los aceros con Ti existentes para estampación en caliente e incluso ligeramente mejoradas. Entre los aceros ejemplares, NT12 y NT14, en particular, pueden alcanzar una alta resistencia bajo la condición de una proporción de composición relativamente baja de aleaciones caras. Sus propiedades mecánicas son: resistencia a la tracción $\geq 1847 \pm 12 \text{ MPa}$, alargamiento $\geq 7,8 \pm 0,3\%$, -40°C Tenacidad al impacto Charpy (CVN) $\geq 53,8 \pm 0,8 \text{ J-cm}^{-2}$.

5

10

El componente estampado en caliente de la presente invención puede ser utilizado para el componente de alta resistencia del automóvil, incluyendo pero no limitado al pilar A, pilar B, parachoques, marco del techo, marco de los bajos, y la barra del parachoques de la puerta del vehículo del automóvil.

REIVINDICACIONES

1. Un acero para estampación en caliente, **caracterizado porque** el acero para estampación en caliente en porcentaje en peso contiene C: 0,2-0,4%, Si: 0-0,8%, Al: $0,6\% \leq \text{Al} \leq 1,0\%$, B: $0,0005\% < \text{B} \leq 0,005\%$, Mn: 0,5-3,0%, Mo: 0-1%, Cr: 0-2%, Ni: 0-5%, V: 0-0,4%, Nb: 0-0,2%, Ti: $< 0,01\%$, y N: $0,0035\% \leq \text{N} < 0,01\%$, siendo el resto Fe y elementos de impureza como P, S inevitables durante la fundición, el acero no contiene partículas de TiN con tamaño de partícula $\geq 1 \mu\text{m}$.
5
2. El acero para estampación en caliente según la reivindicación 1, **caracterizado porque** en porcentaje en peso el contenido de Si es del 0,1-0,5%, el contenido de Mn es del 0,8-2,2%, el contenido de Cr es del 0,1-0,5%, y el contenido de B es del 0,0005-0,004%.
- 10 3. El acero para estampación en caliente según la reivindicación 1, **caracterizado porque** en porcentaje en peso el contenido de C es 0,3-0,4%, el contenido de Si es 0,1-0,8%, el contenido de Mn es 0,8-2,2%, el contenido de Cr es 0-0,5%, el contenido de B es 0,0005-0,004%, y el contenido de Al es $0,6\% \leq \text{Al} \leq 0,9\%$.
- 15 4. El acero para estampación en caliente según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado porque** el acero para estampación en caliente es una chapa de acero laminada en caliente, una chapa decapada laminada en caliente, una chapa de acero laminada en frío, o una chapa de acero con revestimiento.
5. Un procedimiento de estampación en caliente, **caracterizado porque** comprende las siguientes etapas:
una etapa de austenización del acero, en la que se proporciona el acero para estampación en caliente según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4 o un componente preformado del acero para estampación en caliente según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, y se calienta a 800-950°C y luego se mantiene a esta temperatura de 1 a 10000s;
20 una etapa de transferencia del acero, en la que el acero o su componente preformado tras la etapa de austenización del acero antes mencionada se transfiere a una matriz de estampación en caliente, manteniéndose la temperatura del acero a 550°C o más durante la transferencia; y
una etapa de estampación en caliente, en la que se realiza la estampación, el mantenimiento de la presión y el enfriamiento, de modo que el acero de la matriz se enfría a 250°C o menos a una velocidad media de enfriamiento de 10°C /s o superior, garantizando que la temperatura de un componente cuando éste sale de la matriz sea de 250°C o menos.
25
6. El procedimiento de estampación en caliente según la reivindicación 5, **caracterizado porque** comprende una etapa de templado después de la etapa de estampación en caliente, en la que el componente formado se calienta a 150-280°C de cualquier manera y luego se mantiene a esta temperatura durante 0,5-120 minutos, y luego se enfría de cualquier manera.
30
7. El procedimiento de estampación en caliente según la reivindicación 6, **caracterizado porque** la etapa de templado se lleva a cabo en un proceso de pintura.
- 35 8. Un componente estampado en caliente, **caracterizado porque** el componente estampado en caliente en porcentaje en peso contiene C: 0,2-0,4%, Si: 0-0,8%, Al: $0,6\% \leq \text{Al} \leq 1,0\%$, B: $0,0005\% < \text{B} \leq 0,005\%$, Mn: 0,5-3,0%, Mo: 0-1%, Cr: 0-2%, Ni: 0-5%, V: 0-0,4%, Nb: 0-0,2%, Ti: $< 0,01\%$, y N: $0,0035\% \leq \text{N} < 0,01\%$, siendo el resto Fe y elementos de impureza como P, S inevitables durante la fundición, el componente estampado en caliente no contiene partículas de TiN con tamaño de partícula $\geq 1 \mu\text{m}$, el componente estampado en caliente tiene un límite elástico de 1200-1800MPa, una resistencia a la tracción de 1500-2150 MPa, un alargamiento del 7-10%, y una tenacidad al impacto de $\leq 45\text{J}\cdot\text{cm}^{-2}$ a -40°C bajo confianza del 99,5%.
40
9. El componente estampado en caliente según la reivindicación 8, **caracterizado porque** en porcentaje en peso el contenido de C es de 0,24-0,4%, el contenido de Si es de 0,1-0,5%, el contenido de Mn es de 0,8-2,2%, el contenido de Cr es de 0,1-0,5%, y el contenido de B es de 0,0005-0,004%.
- 45 10. El componente estampado en caliente según la reivindicación 8, **caracterizado porque** en porcentaje en peso el contenido de C es 0,3-0,4%, el contenido de Si es 0,1-0,8%, el contenido de Mn es 0,8-2,2%, el contenido de Cr es 0-0,5%, el contenido de B es 0,0005-0,004%, y el contenido de Al es $0,6\% \leq \text{Al} \leq 0,9\%$.

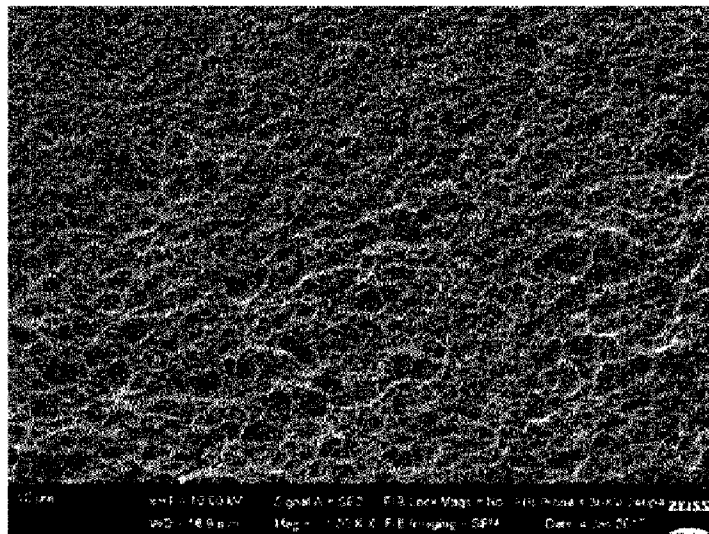


Fig.1

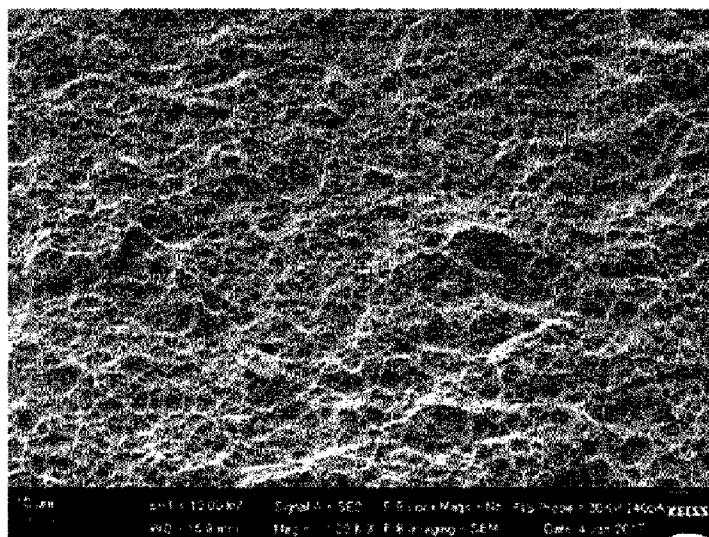


Fig.2

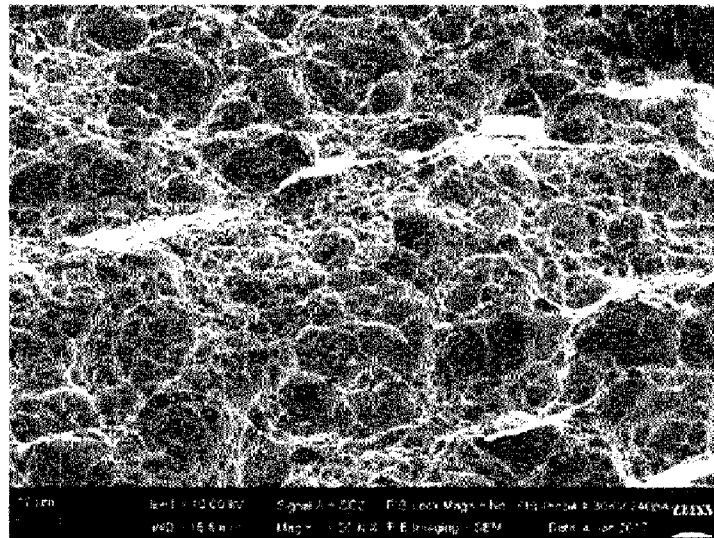


Fig.3

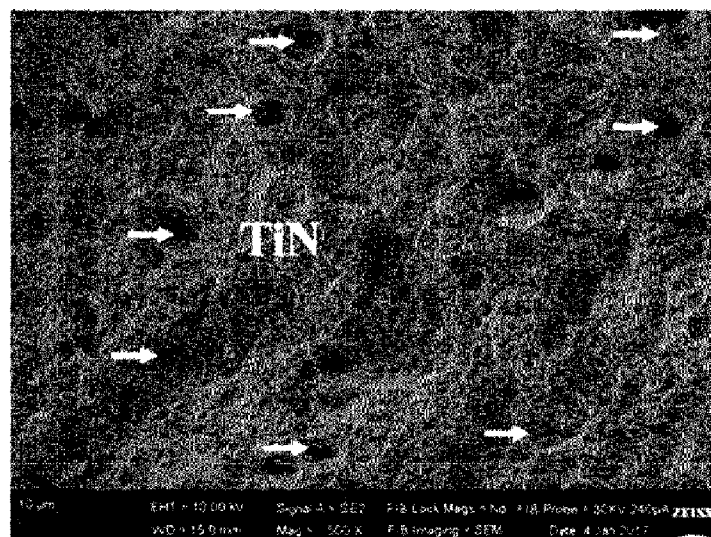


Fig.4

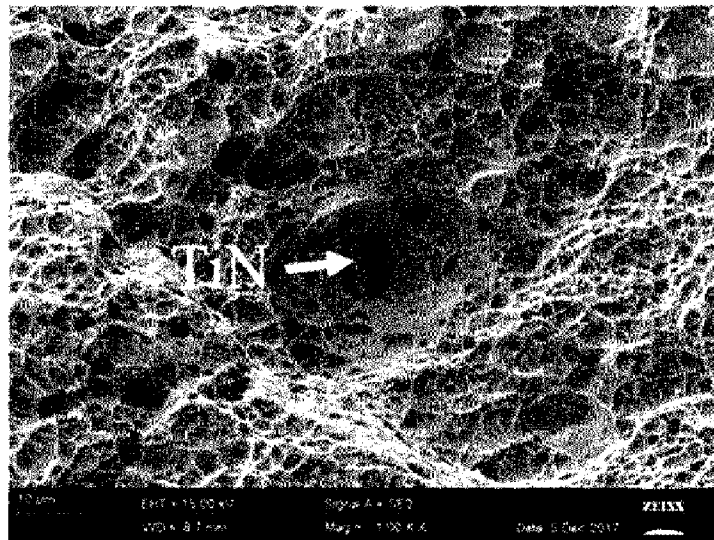


Fig.5