

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 683 843**

51 Int. Cl.:

C22C 38/00	(2006.01)	B21D 37/16	(2006.01)	C22C 38/04	(2006.01)
B21B 3/00	(2006.01)	B32B 15/01	(2006.01)		
C21D 9/46	(2006.01)	C21D 8/02	(2006.01)		
C22C 38/06	(2006.01)	C23C 2/02	(2006.01)		
C22C 38/58	(2006.01)	C23C 2/06	(2006.01)		
C21D 1/18	(2006.01)	C23C 2/12	(2006.01)		
C21D 9/00	(2006.01)	C23C 2/28	(2006.01)		
C22C 18/04	(2006.01)	C23C 2/40	(2006.01)		
C22C 21/00	(2006.01)	C21D 1/673	(2006.01)		
B21D 22/02	(2006.01)	C22C 38/02	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **26.04.2012 PCT/JP2012/061238**

87 Fecha y número de publicación internacional: **01.11.2012 WO12147863**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.04.2012 E 12776563 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.05.2018 EP 2703511**

54 Título: **Lámina de acero para elementos de estampación en caliente y método de producción de la misma**

30 Prioridad:

27.04.2011 JP 2011100019

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

28.09.2018

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**TANAHASHI HIROYUKI y
MAKI JUN**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 683 843 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

Lámina de acero para elementos de estampación en caliente y método de producción de la misma

- 5 [Campo técnico]
 La presente invención se refiere a una lámina de acero para un elemento de estampado en caliente que se puede usar convenientemente para el estampado en caliente, que es un método de conformación para obtener un elemento de alta resistencia; y un método de producción de la misma.
- 10 [Antecedentes de la técnica]
 En el campo de los automóviles, máquinas de construcción, y similares, ha habido una intensa investigación sobre cómo reducir la masa usando un material de alta resistencia. Por ejemplo, en el campo del automóvil, la cantidad de una lámina de acero de alta resistencia utilizada se ha incrementado constantemente con el objetivo de suprimir un aumento en la masa de un vehículo, lo que es necesario para lograr seguridad de colisión y obtener un alto rendimiento y mejorar la eficiencia del combustible para reducir las emisiones de dióxido de carbono.
- 15
 En tal aumento en la cantidad de una lámina de acero de alta resistencia utilizada, el problema más significativo es un fenómeno llamado "deterioro de la capacidad de fijación de la forma" que inevitablemente se produce cuando aumenta la resistencia de una lámina de acero. "Deterioro en la capacidad de fijación de la forma" se refiere al término general para un fenómeno en el que la cantidad de recuperación elástica posterior a la conformación aumenta junto con un aumento en la resistencia; y por lo tanto, la forma deseada es difícil de obtener. Para resolver el problema causado por tal fenómeno se puede añadir un proceso (por ejemplo, enderezado rectificador) que no es necesario para un material de baja resistencia (material que tiene una capacidad de fijación superior o que no tienen problemas de fijación de la forma) o se puede cambiar la forma de un producto.
- 20
 Como método para resolver este problema, ha llamado la atención un método de conformación en caliente llamado estampado en caliente. En este método de conformación en caliente, una lámina de acero (pieza de trabajo) se calienta a una temperatura predeterminada (generalmente una temperatura a la cual la lámina de acero está en la fase de austenita) para reducir la resistencia (es decir, favorecer la conformación) y luego se conforma con una matriz a una temperatura más baja (por ejemplo, temperatura ambiente) que la de la pieza de trabajo. Con tal método de conformación, se puede dar fácilmente una forma a una pieza de trabajo y se puede realizar un tratamiento de enfriamiento rápido (templado) usando una diferencia de temperaturas entre una pieza de trabajo y una matriz. Por lo tanto, se puede obtener la resistencia de un producto formado.
- 25
 Con respecto a una lámina de acero adecuada para esta estampación en caliente y un método de conformación de la misma, se conocen varias técnicas.
- 30
 El documento de patente 1 describe una lámina de acero a partir de la cual se puede obtener un elemento con propiedades de impacto superiores y resistencia a la fractura retardada después de la conformación en caliente (correspondiente a la estampación en caliente) mediante el control de las cantidades de elementos contenidos y las relaciones entre las cantidades de elementos en intervalos predeterminados.
- 35
 El documento de patente 2 describe un método para obtener un componente de alta resistencia mediante el control de las cantidades de elementos contenidos y las relaciones entre las cantidades de elementos que se encuentran en intervalos predeterminados como se describió anteriormente; y calentar una lámina de acero en una atmósfera de nitruración o una atmósfera de cementación antes de la conformación.
- 40
 El documento de patente 3 describe medios para obtener un producto prensado en caliente a una alta productividad mediante la especificación de componentes químicos y una microestructura y limitación de las condiciones de calentamiento y conformación.
- 45
 Recientemente, la utilidad del estampado en caliente ha sido ampliamente reconocida, y la aplicación del estampado en caliente también se ha discutido para varios elementos. Dichos elementos incluyen, por ejemplo, un componente largo tal como un pilar central de un vehículo.
- 50
 Los presentes inventores encontraron que se producía una pequeña pero segura cantidad de deflexión en un componente tan largo a diferencia de un componente corto en el que la deflexión era insignificante.
- 55
 Los presentes inventores presumen que la razón por la que se produce la deflexión es la siguiente: las condiciones de enfriamiento durante el estampado en caliente se desvían de las condiciones uniformes ideales por un aumento del tamaño de un componente; y como resultado, se introducen deformaciones no uniformes en el componente.
- 60
 Como resultado de una investigación detallada sobre el motivo de tal falta de uniformidad, los presentes inventores tuvieron la sensación de que la falta de uniformidad de las deformaciones puede estar relacionada con la variación en la concentración de carbono de una lámina de acero inmediatamente antes del estampado en caliente (inmediatamente antes de la conformación usando una matriz).
- 65

Como resultado de un estudio posterior, se encontró que, en un proceso de calentamiento inmediatamente antes de la conformación, los comportamientos de disolución de carburos de hierro en una lámina de acero son la clave para suprimir la falta de uniformidad.

5 En general, una lámina de acero para estampado en caliente incluye la fase de ferrita como fase primaria, perlita y similares como una fase secundaria, y una microestructura compuesta de carburos de hierro. En tal lámina de acero, el carbono, producido a partir de carburos de hierro en el proceso de calentamiento antes de la conformación, se disuelve en la fase de austenita, esta fase de austenita se temple para transformarse en la fase de martensita y, como resultado, se puede obtener una alta resistencia. La resistencia de la fase de martensita producida depende en gran medida de las condiciones de enfriamiento y la concentración de carbono que se solubiliza en la fase de austenita. Por lo tanto, se puede suponer fácilmente que un método de disolución uniforme de carburos de hierro en el proceso de calentamiento tiene un fuerte efecto sobre las propiedades mecánicas de un producto formado obtenido en el proceso posterior.

15 Además, como resultado de un estudio detallado, los presentes inventores encontraron que la uniformidad de la concentración de carbono en la fase de austenita fue afectada fuertemente no por el tamaño (tamaño promedio) de los carburos de hierro antes del calentamiento, sino por su distribución de tamaños. Sin embargo, no hay ejemplos de investigación de una lámina de acero para estampado en caliente desde este punto de vista.

20 Los documentos de patente 1 a 3 no tienen descripción con respecto a la distribución de tamaños de los carburos.

Los documentos de patente 1 y 2 no describen bajo qué condiciones una lámina de acero laminada en frío es recocida ni investigan el control de carburos en una lámina de acero.

25 El Documento de Patente 3 tampoco tiene una descripción respecto del historial de calentamiento, que es más importante para controlar un estado de carburos durante el recocido de una lámina de acero laminada en frío, ni investiga el control de carburos.

30 El documento de patente 4 describe una técnica en la que se controla que una relación de esferoidización y un diámetro medio de partícula de carburos estén en intervalos predeterminados, obteniéndose de este modo una lámina de acero que tiene ductilidad y templabilidad local superiores. Sin embargo, el Documento de Patente 4 no tiene una descripción con respecto a la distribución de tamaños de los carburos.

35 Además, para obtener una estructura metalográfica predeterminada, es necesario un recocido extremadamente especial, y no se considera la producción en un tipo general de equipo de recocido continuo o equipo de revestimiento continuo por inmersión en caliente. Por lo tanto, en el Documento de Patente 4, las condiciones de recocido no están reguladas para controlar la distribución por tamaños de los carburos.

40 El documento de patente 5 describe una técnica en la que se controla un diámetro de partícula promedio de carburos de hierro en un intervalo predeterminado, obteniéndose este modo una lámina de acero que tiene estabilidad de resistencia superior a las condiciones de tratamiento térmico y resistencia superior a la fractura retardada. Sin embargo, el Documento de Patente 5 no tiene una descripción con respecto a la distribución por tamaños de los carburos.

45 El documento de patente 5 tampoco describe el historial de calentamiento hasta la temperatura máxima de calentamiento ni tiene descripción con respecto al control de la distribución de tamaños de carburos.

50 El documento de patente 6 describe una técnica en la que se controlan un diámetro medio de partícula de ferrita y una relación de carburos esferoidales que tienen un tamaño predeterminado con respecto a todos los carburos esferoidales para obtener una lámina de acero con alto contenido de carbono que tiene resistencia al desgaste superior. Sin embargo, el Documento de Patente 6 no tiene una descripción con respecto a la distribución por tamaños de los carburos.

55 Además, para obtener una lámina de acero predeterminada, es necesario recocer una lámina de acero laminada en caliente y una lámina de acero laminada en frío durante un tiempo prolongado varias veces. Además, no se considera la producción en un tipo general de equipo de recocido continuo o equipo de revestimiento continuo por inmersión en caliente. Por lo tanto, en el Documento de Patente 6, las condiciones de recocido no están reguladas para controlar la distribución de tamaños de carburos.

60 El documento de patente 7 describe una técnica en la que se controla un diámetro medio de partícula de ferrita y un diámetro medio de partícula de carburos para obtener una lámina de acero de alta resistencia, de contenido de carbono medio o alto, que tiene una calidad de perforación superior. Sin embargo, el Documento de Patente 7 no tiene ninguna descripción con respecto a la distribución de tamaños de carburos.

65 Además, el Documento de Patente 7 describe una lámina de acero laminada en frío en el estado como laminada en

frío; y una lámina de acero laminada en frío que se somete a recocido bajo condiciones de recocido a baja temperatura de 350° C a 700° C y un tiempo prolongado de 10 horas a 40 horas. Además, no se considera la producción en un tipo general de equipo de recocido continuo o equipo de revestimiento continuo por inmersión en caliente. Por lo tanto, en el Documento de Patente 7, las condiciones de recocido no están reguladas para controlar la distribución de tamaños de los carburos.

Como resultado del estudio, los presentes inventores encontraron que la distribución por tamaños de los carburos de hierro tenía una estrecha relación con un cambio en la velocidad de aumento de la temperatura de una lámina de acero durante el recocido de una lámina de acero laminada en frío. Sin embargo, no hay ejemplos de investigación de un método para producir una lámina de acero para estampado en caliente desde este punto de vista.

[Documento de la técnica anterior]

[Documento de patente]

[Documento de patente 1] Solicitud de patente japonesa no examinada, Primera publicación Núm. 2005-139485

[Documento de patente 2] Solicitud de patente japonesa no examinada, Primera publicación Núm. 2005-200670

[Documento de patente 3] Solicitud de patente japonesa no examinada, Primera publicación Núm. 2005-205477

[Documento de patente 4] Solicitud de patente japonesa no examinada, Primera publicación Núm. HI 1-80884

[Documento de patente 5] Solicitud de patente japonesa no examinada, Primera publicación Núm. 2003-268489

[Documento de patente 6] Solicitud de patente japonesa no examinada, Primera publicación Núm. 2006-274348

[Documento de patente 7] Solicitud de patente japonesa no examinada, Primera publicación Núm. 2006-291236 EP 2246456 Solicitud de patente europea

[Exposición de la Invención]

[Problema que debe resolver la Invención]

En consideración de las circunstancias descritas anteriormente, la presente invención consiste en proporcionar una lámina de acero para un elemento de estampado en caliente en el que se controla una distribución de tamaños de carburos de hierro en la lámina de acero para reducir una deflexión que se produce fácilmente cuando se fabrica un componente largo mediante estampado en caliente; y un método para producir la misma.

[Medios para resolver los problemas]

Para resolver los problemas descritos anteriormente, los presentes inventores han estudiado exhaustivamente. Como resultado, se encontró que, cuando la distribución por diámetros, de los carburos de hierro que estaban contenidos en una región desde una superficie hasta una posición de 1/4 de espesor de una lámina de acero, estaba en un intervalo predeterminado, la deflexión de un componente formado se podía suprimir de manera significativamente efectiva sin tener en cuenta una variación en las condiciones de enfriamiento durante la conformación. Además, se descubrió que tal lámina de acero se podía obtener mediante el control de las condiciones cuando una lámina de acero laminada en frío se sometía a recocido con recristalización, completándose de este modo la presente invención después de ensayo y error.

El compendio de ello es el siguiente:

(1) De acuerdo con un aspecto de la invención, se proporciona una lámina de acero para un elemento de estampado en caliente, consistiendo la lámina de acero que en, como una composición química de 0,10% en masa a 0,35% en masa de C; 0,01% en masa a 1,0% en masa de Si; 0,3% en masa a 2,3% en masa de Mn; 0,01% en masa a 0,5% en masa de Al; limitada a 0,03% en masa o menos de P; limitada a 0,02% en masa o menos de S; limitada a 0,1% en masa o menos de N; y opcionalmente uno o más seleccionado del grupo que consiste en 0,01% en masa a 2,0% en masa de Cr; 0,001% en masa a 0,5% en masa de Ti; 0,001% en masa a 0,5% en masa de Nb; 0,0005% en masa a 0,01% en masa de B; 0,01% en masa a 1,0% en masa de Mo; 0,01% en masa a 0,5% en masa de W; 0,01% en masa a 0,5% en masa de V; 0,01% en masa a 1,0% en masa de Cu; 0,01% en masa a 5,0% en masa de Ni; y un resto que consiste en Fe e impurezas inevitables, en que una desviación estándar de los diámetros de carburos de hierro que están contenidos en una región desde una superficie a una posición de 1/4 del espesor de la lámina de acero es menor de o igual a 0,8 µm.

(2) En la lámina de acero para un elemento de estampado en caliente de acuerdo con el punto (1), la composición química también puede contener uno o más seleccionado del grupo que consiste en 0,01% en masa a 2,0% en masa de Cr; 0,001% en masa a 0,5% en masa de Ti; 0,001% en masa a 0,5% en masa de Nb; 0,0005% en masa a 0,01% en masa de B; 0,01% en masa a 1,0% en masa de Mo; 0,01% en masa a 0,5% en masa de W; 0,01% en masa a 0,5% en masa de V; 0,01% en masa a 1,0% en masa de Cu; y 0,01% en masa a 5,0% en masa de Ni.

(3) En la lámina de acero para un elemento de estampado en caliente de acuerdo con el punto (1) o (2), una

capa de revestimiento de Al que tiene un espesor de revestimiento de 50 μm o menos se puede formar en la superficie.

(4) En la lámina de acero para un elemento de estampado en caliente de acuerdo con el punto (1) o (2), una capa de revestimiento de Zn que tiene un espesor de revestimiento de 30 μm o menos se puede formar en la superficie.

(5) En la lámina de acero para un elemento de estampado en caliente de acuerdo con el punto (1) o (2), una capa de aleación de Zn-Fe que tiene un espesor de revestimiento de 45 μm o menos se puede formar en la superficie.

(6) De acuerdo con otro aspecto de la invención, se proporciona un método de producción de una lámina de acero para un elemento de estampado en caliente, de acuerdo con el punto (1), incluyendo el método:

realizar un proceso de recocido con recristalización en el que una lámina de acero laminada en frío se calienta de modo que un cambio d/dt ($\Delta T/\Delta t$; °C/s²) en una velocidad de aumento de una temperatura de la lámina de acero de 300° C a una temperatura máxima S cumple la siguiente expresión 1 y de modo que la temperatura máxima S es de 720° C a 820° C, en el que T representa la temperatura de la lámina de acero (° C), t representa tiempo (segundos), y $\Delta T/\Delta t$ representa la velocidad de aumento (° C/s) de la temperatura de la lámina de acero para un ΔT de tiempo (segundos) durante el calentamiento del proceso de recocido con recristalización, y en el que la lámina de acero laminada en frío consisten en una composición química de 0,10% en masa a 0,35% en masa de C; 0,01% en masa a 1,0% en masa de Si; 0,3% en masa a 2,3% en masa de Mn; 0,01% en masa a 0,5% en masa de Al; limitada a 0,03% en masa o menos de P; limitada a 0,02% en masa o menos de S; limitada a 0,1% en masa o menos de N; y opcionalmente uno o más seleccionado del grupo que consiste en 0,01% en masa a 2,0% en masa de Cr; 0,001% en masa a 0,5% en masa de Ti; 0,001% en masa a 0,5% en masa de Nb; 0,0005% en masa a 0,01% en masa de B; 0,01% en masa a 1,0% en masa de Mo; 0,01% en masa a 0,5% en masa de W; 0,01% en masa a 0,5% en masa de V; 0,01% en masa a 1,0% en masa de Cu; 0,01% en masa a 5,0% en masa de Ni; y

un resto que consiste en Fe e impurezas inevitables;

y en la que el cambio d/dt ($\Delta T/\Delta t$) es dos veces un coeficiente de una variable de segundo grado cuando se lee una temperatura en un intervalo de tiempo de 10 segundos o menor a partir de un historial de temperatura durante el calentamiento del proceso de recocido con recristalización y luego se determina una curva de aproximación polinómica de segundo grado de manera que un coeficiente de determinación R^2 sea mayor que o igual a 0,99;

$$-0,20 \leq d/dt (\Delta T/\Delta t) < 0 \text{ (Expresión 1).}$$

(7) En el método de producción de una lámina de acero para un elemento de estampado en caliente de acuerdo con el punto (6), la composición química también puede contener uno o más seleccionados del grupo que consiste en 0,01% en masa a 2,0% en masa de Cr; 0,001% en masa a 0,5% en masa de Ti; 0,001% en masa a 0,5% en masa de Nb; 0,0005% en masa a 0,01% en masa de B; 0,01% en masa a 1,0% en masa de Mo; 0,01% en masa a 0,5% en masa de W; 0,01% en masa a 0,5% en masa de V; 0,01% en masa a 1,0% en masa de Cu; y 0,01% en masa a 5,0% en masa de Ni.

(8) El método de producción de una lámina de acero para un elemento de estampado en caliente de acuerdo con el punto (6) o (7), después del proceso de recocido con recristalización, también puede incluir sumergir la lámina de acero laminada en frío en un baño de Al para formar una capa de revestimiento de Al sobre una superficie de la lámina de acero laminada en frío.

(9) El método de producción de una lámina de acero para un elemento de estampado en caliente de acuerdo con el punto (6) o (7), después del proceso de recocido con recristalización, también puede incluir sumergir la lámina de acero laminada en frío en un baño de Zn para formar una capa de revestimiento de Zn sobre una superficie de la lámina de acero laminada en frío.

(10) El método de producción de una lámina de acero para un elemento de estampado en caliente de acuerdo con el punto (6) o (7), después del proceso de recocido con recristalización, también puede incluir sumergir la lámina de acero laminada en frío en un baño de Zn para formar una capa de revestimiento de Zn sobre una superficie de la lámina de acero laminada en frío; y calentar la lámina de acero laminada en frío a 600° C o menor para formar una capa de aleación de Zn-Fe sobre una superficie de la lámina de acero laminada en frío.

[Ventaja de la invención]

Con la lámina de acero para un elemento de estampado en caliente de acuerdo con el aspecto, la deflexión de un producto de forma larga, que se conforma en un tipo ampliamente conocido de equipo de estampación en caliente, es extremadamente pequeña. Por lo tanto, cuando este producto formado se une con otro componente, existe una baja posibilidad de defectos. Por el motivo descrito anteriormente, la lámina de acero para un elemento de estampado en caliente de acuerdo con el aspecto tiene el efecto de aumentar el campo de aplicación (componente) de estampado en caliente.

Además, con la lámina de acero para un elemento de estampado en caliente de acuerdo con el punto (3) a (5), se pueden obtener la capa de revestimiento de Al, la capa de revestimiento de Zn y la capa de aleación de Zn-Fe que tienen pequeños defectos tales como excoriaciones, desprendimientos y grietas después del estampado en caliente.

Por lo tanto, en este caso, la resistencia a la corrosión y la calidad de la superficie de la lámina de acero para un elemento de estampado en caliente también se puede mejorar.

5 Además, en el método de producción una lámina de acero para un elemento de estampado en caliente de acuerdo con este aspecto, se puede usar el equipo de fabricación con hierro existente. Además, incluso cuando se fabrica un producto de forma larga mediante estampado en caliente, se puede proporcionar una lámina de acero para un elemento de estampado en caliente capaz de reducir significativamente la deflexión.

10 Además, en el método de producción una lámina de acero para un elemento de estampado en caliente de acuerdo con los puntos (6) a (10), la resistencia a la corrosión y la calidad de la superficie de la lámina de acero para un elemento de estampado en caliente se puede mejorar aún más.

[Breve descripción de los dibujos]

15 La FIGURA 1A es una vista en perspectiva que ilustra una pieza en bruto (lámina de acero) antes de ser conformada en un acero con forma usando estampado en caliente.

La FIGURA 1B es una vista en perspectiva que ilustra un acero con forma después de la conformación usando estampado en caliente.

La FIGURA 2 es una vista lateral que ilustra un método de medición de la deflexión de un componente largo.

20 La FIGURA 3 es una vista en perspectiva que ilustra un método de estampado de una pieza en bruto (lámina de acero) en una placa usando estampado en caliente.

La FIGURA 4 es un gráfico que ilustra una relación entre una desviación estándar de tamaños de carburos de hierro y la deflexión cuando las condiciones de calentamiento antes del estampado en caliente son una temperatura de 900° C y un tiempo de 1 minuto en el Ejemplo 1.

25 La FIGURA 5 es un gráfico que ilustra una relación entre una desviación estándar de los tamaños de carburos de hierro y la deflexión cuando las condiciones de calentamiento antes del estampado en caliente son una temperatura de 900° C y un tiempo de 10 minutos en el Ejemplo 1.

La FIGURA 6 es un gráfico que ilustra una relación entre d/dt ($\Delta T/\Delta t$) y a desviación estándar de tamaños de carburos de hierro en el Ejemplo 1.

30 La FIGURA 7 es un diagrama que ilustra un historial de temperaturas de una lámina de acero desde el inicio del calentamiento a una temperatura máxima en los Ejemplos 3, 4, y 5.

[Realizaciones de la Invención]

35 Los presentes inventores prepararon un elemento de estampado en caliente usando una lámina de acero que contiene C: 0,22% en masa, Si: 0,3% en masa, y Mn: 1,2% en masa, y realizaron un estudio para evaluar sus propiedades. Los presentes inventores investigaron las condiciones reales de deflexión en detalle, particularmente en consideración de la aplicación a un componente largo. Durante la investigación, se descubrió que, incluso cuando las láminas de acero que tienen sustancialmente los mismos componentes químicos y resistencia a la tracción se estamparon en caliente en las mismas condiciones, había una diferencia entre los tamaños de deflexión de los productos formados. Por lo tanto, como resultado de una investigación detallada sobre la razón por la cual había una diferencia de los tamaños de deflexión entre las láminas de acero, los presentes inventores encontraron que: (i) había una diferencia entre las variaciones de la dureza de las porciones cerca de las superficies de los productos formados en comparación con las láminas de acero entre sí; (ii) esta diferencia fue causada por una distribución de tamaños de carburos de hierro en una porción cerca de la superficie de una lámina de acero antes de la estampación en caliente; y (iii) para obtener la distribución de tamaños deseada de carburos de hierro, era preferible que las condiciones de recocido con recristalización de una lámina de acero laminada en frío fueran controladas en un intervalo predeterminado.

40 Aunque los detalles de los mismos se describirán en los Ejemplos, los presentes inventores descubrieron experimentalmente una distribución de tamaños apropiada de carburos de hierro y condiciones de recocido apropiadas en base a estos resultados experimentales, completándose de este modo la invención.

50 De aquí en adelante, se describirá una lámina de acero para un elemento de estampación en caliente (lámina de acero) de acuerdo con una realización de la invención.

55 Primero se describirán los componentes químicos de la lámina de acero. De aquí en adelante, "%" de cada componente químico representa "% en masa".

<C: 0,10% a 0,35%>

60 El C es el elemento más importante desde el punto de vista del aumento de la resistencia de la lámina de acero mediante el estampado en caliente. Para obtener una resistencia de al menos aproximadamente 1200 MPa después del estampado en caliente, se controla que el contenido de C en el acero sea mayor o igual que 0,10%. Por otro lado, cuando el contenido de C en el acero es mayor que 0,35%, existe preocupación por el deterioro de la tenacidad. Por lo tanto, un límite superior del contenido de C se establece en 0,35%. Para mejorar aún más la tenacidad, el contenido de C es preferiblemente menor que o igual a 0,32% y, más preferiblemente, menor que o igual a 0,30%.

65 <Si: 0,01% a 1,0%>

- 5 El Si es un elemento fortalecedor del soluto, y del 0,01% al 1,0% de Si se puede usar de manera efectiva como un elemento de fortalecimiento del soluto. Sin embargo, cuando el contenido de Si en el acero es mayor de 1,0%, existe la preocupación de que se puedan producir defectos durante el revestimiento por conversión química o revestimiento después del estampado en caliente. Por lo tanto, un límite superior del contenido de Si se establece en 1,0%. Un límite inferior del contenido de Si no está particularmente limitado, y se puede obtener un efecto de control de los carburos de hierro independientemente del límite inferior. Sin embargo, cuando el contenido de Si se reduce más de lo necesario, aumenta la carga de fabricación de acero. Por lo tanto, el contenido de Si se controla para que sea mayor o igual a 0,01%. Un límite inferior del contenido de Si es un valor de referencia de Si que está contenido en el acero debido a la desoxidación. Con el fin de realizar un tratamiento de superficie más estable, el contenido de Si es preferiblemente menor que o igual a 0,9% y, más preferiblemente, menor que o igual a 0,8%.
- 10 <Mn: 0,3% a 2,3%>
- 15 Como el Si, Mn funciona como un elemento de fortalecimiento del soluto y también es un elemento efectivo para aumentar la templabilidad de la lámina de acero. Con el fin de obtener de manera confiable los efectos de mejorar la resistencia y la templabilidad, el contenido de Mn en el acero se controla para que sea mayor o igual que 0,3%. Sin embargo, cuando el contenido de Mn en el acero es mayor que 2.3%, los efectos están saturados. Por lo tanto, un límite superior del contenido de Mn se establece en 2.3%. Para aumentar adicionalmente la resistencia, el contenido de Mn es preferiblemente mayor que o igual a 0,5% y, más preferiblemente, mayor que o igual a 1,0%.
- 20 <P: 0,03% o menos>, <S: 0,02% o menos>
- 25 Ambos elementos son impurezas y tienen un efecto adverso en la capacidad de elaboración en caliente. Por lo tanto, P está limitado a ser menor o igual que 0,03%, y S está limitado a ser menor o igual que 0,02%.
- <Al: 0,01 % a 0,5%>
- 30 Debido a que el Al es preferible como elemento de desoxidación, un contenido de Al en el acero puede ser mayor o igual que 0,01%. Sin embargo, cuando una gran cantidad de Al está contenida en el acero, se forman óxidos quebradizos y, por lo tanto, las propiedades mecánicas de la lámina de acero se deterioran. Por lo tanto, un límite superior del contenido de Al se establece en 0,5%.
- 35 <N: 0,1% o menos>
- 40 Debido a que el N se une fácilmente con Ti y B, se controla que el contenido de N sea menor o igual que 0,1%, de modo que los efectos deseados de Ti y B no se reduzcan. Para aumentar la tenacidad, es preferible que el contenido de N sea pequeño, por ejemplo, preferiblemente menor que o igual a 0,01%. Cuando el contenido de N se reduce más de lo necesario, se aplica una carga enorme al proceso de fabricación de acero. Por lo tanto, un valor de referencia de un límite inferior del contenido de N se puede establecer en 0,0010%.
- 45 Los elementos químicos descritos anteriormente son componentes básicos (elementos básicos) del acero de acuerdo con la realización. Una composición química en la que los elementos básicos están controlados (contenidos o limitados); y un resto de los mismos es hierro e impurezas inevitables, es una composición básica de acuerdo con la realización. Sin embargo, además de estos componentes básicos (en lugar de una parte de Fe del resto), el acero de acuerdo con la realización puede contener además, opcionalmente, los siguientes elementos químicos (elementos opcionales). Incluso cuando estos elementos opcionales se incorporan inevitablemente (por ejemplo, el contenido de cada elemento opcional es menor que el límite inferior) en el acero, los efectos de la realización no se deterioran.
- 50 Es decir, opcionalmente, el acero de acuerdo con la realización puede contener uno o más elementos opcionales seleccionados del grupo que consiste en Cr, Ti, Nb, B, Mo, W, V, Cu y Ni. Para reducir un costo de aleación, no es necesario que estos elementos opcionales se añadan intencionalmente al acero, y todos los límites inferiores de contenido de Cr, Ti, Nb, B, Mo, W, V, Cu y Ni son 0%.
- 55 <Cr: 0,01% a 2,0%>
- 60 El Cr es un elemento que tiene un efecto de aumento de la capacidad de endurecimiento y, por lo tanto, se usa de forma apropiada. Para obtener el efecto de manera confiable, se controla que el contenido de Cr sea mayor o igual que 0,01%. Por otro lado, incluso cuando Cr que tiene un contenido de 2,0% o mayor se añade al acero, el efecto está saturado. Por lo tanto, un límite superior del contenido de Cr se establece en 2,0%.
- <Ti: 0,001% a 0,5%>
- 65 El Ti sirve para producir de manera estable un efecto de B (descrito a continuación) a través de la formación de nitruro y, por lo tanto, es un elemento útil. Para obtener este efecto de manera confiable, un contenido de Ti es preferiblemente mayor o igual que 0,001%. Por otro lado, cuando el Ti se añade excesivamente al acero, se forman

excesivamente los nitruros, y las propiedades de tenacidad y de superficie de cizallamiento se deterioran. Por lo tanto, un límite superior del contenido de Ti se establece en 0,5%.

<Nb: 0,001% a 0,5%>

5 El Nb forma carbonitruros, aumenta la resistencia del acero y, por lo tanto, es un elemento útil. Para obtener de manera confiable el efecto de aumentar la resistencia, un contenido de Nb en el acero es preferiblemente mayor que o igual a 0,001%. Sin embargo, cuando Nb que tiene un contenido de más de 0,5% está contenido en el acero, existe la preocupación de que se pueda deteriorar la controlabilidad del laminado en caliente. Por lo tanto, un límite superior del contenido de Nb se establece en 0,5%

<B: 0,0005% a 0,01 %>

15 El B es un elemento que aumenta la capacidad de endurecimiento. Cuando un contenido de B en el acero es mayor o igual que 0,0005%, se puede obtener de manera confiable el efecto de aumentar la capacidad de endurecimiento. Por otro lado, la adición excesiva de B conduce al deterioro de la capacidad de elaboración en caliente y al deterioro de la ductilidad. Por lo tanto, un límite superior del contenido B se establece en 0,01%.

<Mo: 0,01% a 1,0%>, <W: 0,01% a 0,5%>, <V: 0,01% a 0,5%>

20 Estos elementos son elementos que tienen un efecto de aumento de la capacidad de endurecimiento y, por lo tanto, se pueden usar de manera apropiada. Para obtener el efecto de manera confiable, se controla el contenido de cada elemento para que sea mayor o igual que 0,01%. Por otro lado, dado que Mo, W y V son elementos costosos, es preferible establecer una concentración en la que el efecto está saturado como un límite superior. Es preferible que el límite superior del contenido de Mo sea del 1,0%; y los límites superiores del contenido de W y el contenido de V sean de 0,5%.

<Cu: 0,01% a 1,0%>

30 El Cu tiene el efecto de aumentar la resistencia de la lámina de acero mediante la adición de Cu con un contenido de 0,01% o mayor al acero. Por otro lado, debido a que la adición excesiva de Cu conduce a un deterioro en la calidad de la superficie de una lámina de acero laminada en caliente, un límite superior del contenido de Cu se establece en 1,0%. Por lo tanto, el contenido de Cu puede ser de 0,01% a 1,0%.

<Ni: 0,01% a 5,0%>

35 El Ni tiene un efecto de aumento de la capacidad de endurecimiento y, por lo tanto, es un elemento útil. Cuando el contenido de Ni es mayor o igual que 0,01%, el efecto se obtiene de manera confiable. Por otro lado, debido a que el Ni es un elemento costoso, el límite superior del contenido de Ni se establece en el 5,0%, al cual el efecto está saturado. Por lo tanto, el contenido de Ni puede ser de 0,01% a 5,0%. Además, dado que el Ni sirve para suprimir el deterioro en la calidad de la superficie de una lámina de acero laminada en caliente, causado por el Cu, es preferible que el Ni esté contenido junto con el Cu.

40 En la realización, un componente distinto de los componentes descritos anteriormente es el Fe. Las impurezas inevitables que se incorporan a partir de la disolución de una materia prima, tal como chatarra, un material refractario y similares, se permiten como el componente distinto de los componentes descritos anteriormente.

45 Como se describió anteriormente, la lámina de acero de acuerdo con la realización tiene la composición química que contiene los elementos básicos descritos anteriormente y el resto que consiste en Fe e impurezas inevitables; o la composición química que contiene los elementos básicos descritos anteriormente, al menos uno seleccionado del grupo que consiste en los elementos opcionales descritos anteriormente, y el resto que consiste en Fe e impurezas inevitables.

<Desviación estándar de los diámetros de carburos de hierro incluidos en la región desde la superficie a la posición 1/4 de espesor: 0,8 μ m o menos>

La distribución de tamaños de carburos de hierro es el factor más importante en la realización.

50 De acuerdo con el estudio de los presentes inventores, se encontró que el tamaño de la deflexión, que se observa en un componente largo formado mediante estampación en caliente, dependía fuertemente de la variación en la dureza de una porción cerca de una superficie de la lámina de acero; y de la variación en la concentración de carbono antes del estampado en caliente. Además, se encontró que, cuando los tamaños de los carburos de hierro eran más uniformes, la variación en la concentración de carbono se podía reducir.

60 Cuanto mayor es el grado de uniformidad de los tamaños de los carburos de hierro, mayor es el grado de uniformidad de los comportamientos de disolución de los carburos de hierro en el proceso de calentamiento antes de la estampación en caliente. Por lo tanto, la concentración de carbono en la fase de austenita se hace uniforme más

fácilmente. Como resultado, la variación en la dureza se reduce, y la deflexión de un miembro también se supone que se reduce.

5 Una relación entre la magnitud de deflexión y la variación en la dureza no está del todo clara. Sin embargo, presumiblemente, se considera que esta relación tiene una relación con el siguiente mecanismo. Es decir, entre los factores de control (grado de sobresaturación de carbono, densidad de dislocación, grado de refinamiento de una unidad organizativa (por ejemplo, un listón o un bloque) y un estado de carburos de hierro reprecipitados) de la dureza de la fase de martensita producida por enfriamiento rápido, particularmente cuando hay una variación en la densidad de dislocación de una porción cerca de la superficie de un componente, se induce fácilmente una tensión residual no uniforme en el componente. En este caso, cuando se intenta que se libere una tensión residual no uniforme después de liberar el componente de una matriz de estampación en caliente, se produce deflexión.

10 La deflexión de un producto formado que se conforma mediante el estampado en caliente se define de la siguiente manera.

15 Es decir, con un método ilustrado esquemáticamente en las FIGURA 1A y 1B, una pieza en bruto 11 se conforma en una forma de acero 12, y la forma del acero 12 se libera de una matriz. Entonces, como se ilustra en la FIGURA 2, la forma de acero 12 se coloca sobre una placa de superficie 21. Cuando esta forma de acero 12 se ve desde la dirección del ancho (en una vista lateral), una distancia d (mm) desde una línea que conecta ambos extremos de la forma de acero 12 en la dirección longitudinal al centro de la forma de acero 12 en la dirección longitudinal se define como una deflexión de la forma de acero 12.

20 En este caso, con respecto al tamaño de la lámina de acero (pieza en bruto) 11 antes del estampado en caliente, el ancho W es de 170 mm y la longitud L es de 1000 mm. Desde la lámina de acero 11, se obtiene la forma de acero equilátera 12 con una base que tiene un tamaño de aproximadamente 70 mm. Cuando la deflexión d es menor o igual que 5 mm, se evalúa que se suprime la deflexión.

25 El producto formado anteriormente descrito (forma del acero 12) es simplemente un ejemplo de un producto formado que se prepara para evaluar la deflexión d cuando se forma la lámina de acero de acuerdo con la realización. La lámina de acero de acuerdo con la realización se puede aplicar a diversas formas de productos formados en diversas condiciones de estampación en caliente.

30 La deflexión de un producto formado se reduce cuando la longitud del producto formado es menor de 1000 mm o cuando el ancho del producto formado es mayor que 170 mm. Cuando la lámina de acero de acuerdo con la realización se aplica a dicho producto formado, se puede obtener un efecto de supresión adicional de la deflexión d del producto formado.

35 En la realización, una desviación estándar de los diámetros de carburos de hierro, que están contenidos en una región desde la superficie a una posición de 1/4 de espesor (posición que está a una distancia de la superficie de la lámina de acero de 1/4 de la espesor en la dirección a través del espesor) de la lámina de acero, se controla para que sea menor o igual que 0,8 μm . Cuando esta desviación estándar es mayor que 0,8 μm , la deflexión d de un producto formado es mayor que 5 mm, y se determina que la deflexión no es tolerable.

40 La distribución de tamaños de carburos de hierro se mide de la siguiente manera.

45 Es decir, primero, una sección paralela a la dirección de laminación de la lámina de acero (sección que incluye la dirección a través del espesor) se pule y se trata de manera apropiada con un agente ataque químico emergente de carburo (por ejemplo, un agente de ataque químico de picral). Luego, utilizando un microscopio electrónico de exploración, se observa continuamente una gama de secciones de una superficie a una posición de 1/4 del espesor de la lámina de acero con un aumento de 5000 veces. El campo microscópico se ensancha hasta que el número de carburos de hierro medidos es de al menos 600. Como el tamaño (diámetro) de un carburo de hierro, se usa el tamaño promedio del lado más largo y el lado más corto del carburo de hierro. Sobre la base de los datos de tamaño de carburos de hierro obtenidos, se calcula una desviación estándar. Para calcular la desviación estándar, se puede usar un software estadístico disponible comercialmente. Con dicho método de medición, se miden carburos de hierro que tienen un tamaño de aproximadamente 0,1 μm o superior. En consecuencia, el tamaño medio de los carburos de hierro puede ser mayor o igual que 0,5 μm o mayor que o igual a 1 μm . Cuando la desviación estándar de los diámetros de carburos de hierro es menor o igual que 0,8 μm , el tamaño promedio de carburos de hierro no está particularmente limitado, pero puede ser, por ejemplo, menor o igual que 5 μm o menor o igual que 3 μm .

50 Los espesores (espesores de revestimiento) de una capa de revestimiento de Al, una capa de revestimiento de Zn y una capa de aleación de Zn-Fe no tienen ningún efecto sobre la deflexión de un componente después de la estampación en caliente. Sin embargo, cuando estos espesores son excesivamente grandes, existe la preocupación de que puedan tener un efecto sobre la conformabilidad. Como se describe a continuación en los Ejemplos, cuando el espesor de una capa de revestimiento de Al es mayor de 50 μm , se produce excoiación; cuando el espesor de una capa de revestimiento Zn es mayor de 30 μm , Zn se adhiere con frecuencia a una matriz; y cuando el espesor de una capa de aleación de Zn-Fe es mayor de 45 μm , se observan grietas en muchas porciones de la capa de aleación. De

esta forma, cuando el espesor de cada capa es excesivamente grande, la productividad se deteriora. Por lo tanto, con respecto al espesor de estas capas, el espesor de una capa de revestimiento de Al puede limitarse a 50 µm o menos, el espesor de una capa de revestimiento de Zn puede ser menor de o igual a 30 µm y el espesor de una capa de aleación de Zn-Fe puede estar limitado a ser menor o igual que 45 µm.

5 Cuando estas capas son delgadas, no hay problemas con respecto a la conformabilidad. Sin embargo, desde el punto de vista de la resistencia a la corrosión, que es el propósito de formar estas capas, se puede establecer un límite inferior del espesor de cada capa de la siguiente manera. Es decir, el espesor de una capa de revestimiento de Al es preferiblemente mayor que o igual a 5 µm y más preferiblemente mayor que o igual a 10 µm. Además, el espesor de una capa de revestimiento Zn es preferiblemente mayor que o igual a 5 mm y más preferiblemente mayor que o igual a 10 µm. El espesor de una capa de aleación de Zn-Fe es preferiblemente mayor que o igual a 10 µm y más preferiblemente mayor que o igual a 15 µm.

15 En la lámina de acero que tiene una superficie sobre la cual se forma una capa de revestimiento Al, una capa de revestimiento Zn y una capa de aleación de Zn-Fe, "superficie" se define de la siguiente manera.

20 En primer lugar, una capa de revestimiento de Al de la lámina de acero de acuerdo con la realización incluye dos capas de una capa exterior que contiene Al como componente principal; y una capa interna (capa lateral de lámina de acero) que se considera formada por reacción de Al y Fe. Un límite entre esta capa interna y la lámina de acero (lámina de acero revestida o chapada) se define como la superficie de la lámina de acero.

25 A continuación, una capa de revestimiento de Zn de la lámina de acero de acuerdo con la realización incluye dos capas de una capa exterior que contiene Zn como componente principal; y una capa interna (capa lateral de lámina de acero) que se forma por reacción de Fe y una pequeña cantidad de Al añadida a un baño de Zn. Un límite entre esta capa interna y la lámina de acero (lámina de acero revestida) se define como la superficie de la lámina de acero.

30 Además, una capa de aleación de Zn-Fe de la lámina de acero de acuerdo con la realización incluye múltiples capas de aleación que contienen Zn y Fe. Un límite entre la capa lateral más interna (capa lateral de la lámina de acero) entre estas múltiples capas de aleación y la lámina de acero (lámina de acero revestida) se define como la superficie de la lámina de acero.

Finalmente, se describirá un método de producción de una lámina de acero para un elemento de estampado en caliente de acuerdo con una realización de la invención.

35 En el método de producción la lámina de acero de acuerdo con la realización, la fabricación de acero, fundición, laminado en caliente y laminado en frío se realizan con un método ordinario, de modo que se obtiene una lámina de acero laminada en frío. En el proceso de fabricación de acero, los componentes químicos del acero se controlan para satisfacer la composición química de acuerdo con la realización descrita anteriormente, y el acero obtenido se usa como un planchón para la fundición continua. El laminado en caliente del planchón (acero) obtenido comienza, por ejemplo, a una temperatura de calentamiento de 1300° C o inferior (por ejemplo, de 1000° C a 1300° C) y termina a alrededor de 900° C (por ejemplo, de 850° C a 950° C). La temperatura de bobinado se puede ajustar a alrededor de 600° C (por ejemplo, de 450° C a 800° C). La reducción del laminado en caliente se puede establecer en 60% a 90%. Una lámina de acero laminada en caliente (acero) obtenida después del bobinado se lamina en frío a través de un proceso de decapado. La reducción de laminado en frío se puede establecer en 30% a 90%.

45 El recocido para recrystalizar una lámina de acero laminada en frío producida como anteriormente es extremadamente importante. Utilizando un equipo de recocido continuo, el recocido se realiza de manera tal que un cambio d/dt ($(\Delta T/\Delta t)$) en una velocidad de aumento de la temperatura de una lámina de acero (temperatura de la lámina) desde 300° C hasta una temperatura máxima S (° C) satisface la siguiente expresión 1 y tal que la temperatura máxima S es de 720° C a 820° C.

$$-0,2 \leq d/dt (\Delta T/\Delta t) < 0 \quad (\text{Expresión 1})$$

55 En esta expresión, T representa la temperatura de la lámina de acero (° C), t representa tiempo (segundos), $\Delta T/\Delta t$ representa el cambio (° C/s) de temperatura de la temperatura de la lámina de acero para un ΔT de tiempo (segundos) durante el calentamiento del proceso de recocido con recrystalización, y $d/dt (\Delta T/\Delta t)$ representa el cambio (° C/s²) en la velocidad de aumento de la temperatura de la lámina de acero de 300° C a la temperatura máxima S. Un criterio basado en que t es 0 (cero) no está particularmente limitado y, por ejemplo, puede ser un tiempo cuando el tiempo de inicio de calentamiento del proceso de recocido con recrystalización o un tiempo cuando la temperatura alcanza 300° C debido al calentamiento del proceso de recocido con recrystalización.

60 Estas condiciones se determinan sobre la base de los resultados experimentales que se describen a continuación en los Ejemplos.

65 La temperatura de la lámina de acero durante el recocido se mide usando un termómetro de radiación por adelantado en un equipo de recocido o una termocupla dispuesta en la lámina de acero. Un historial de temperatura de la lámina

- de acero obtenida como se indica anteriormente se expresa mediante una función cuadrática de tiempo, y un segundo coeficiente diferencial de esta función cuadrática se determina como $d/dt (\Delta T/\Delta t)$. Esta función cuadrática se obtiene con un método en el que se lee una temperatura de lámina de acero en un intervalo de tiempo corto (10 segundos o menos, o preferiblemente 5 segundos o menos) del historial de temperatura antes descrito para preparar un conjunto de datos (t, T); se genera un gráfico a partir de este conjunto de datos usando (nuevamente) un software de hoja de cálculo disponible comercialmente; y este gráfico se aproxima mediante un polinomio de segundo grado.
- 5
- Cuando una lámina de acero laminada en frío se somete a recocido con recristalización en estas condiciones, se obtiene una lámina de acero en la que una desviación estándar de los diámetros de carburos de hierro que están contenidos en una región desde una superficie a una posición 1/4 de espesor de la lámina de acero es menor de o igual a 0,8 μm . Sin embargo, la razón para esto no está clara. Por ejemplo, en un proceso de recocido en el que se reduce gradualmente una velocidad de aumento de la temperatura de una lámina de acero, se supone que el progreso de la recristalización y la disolución de los carburos de hierro iniciales están bien equilibrados; y por lo tanto, se aumenta la uniformidad de una distribución de carburos de hierro en la lámina de acero recocida.
- 10
- 15
- Las condiciones de calentamiento desde la temperatura ambiente hasta 300° C no están particularmente limitadas.
- Después de que la temperatura de la lámina de acero alcanza la temperatura S, la lámina de acero se puede mantener a la temperatura S durante un corto período de tiempo, o se puede proceder a un proceso de enfriamiento inmediatamente. Cuando la lámina de acero se mantiene a la temperatura S, el tiempo de retención es preferiblemente más corto que o igual a 180 segundos y, más preferiblemente, más corto o igual que 120 segundos desde el punto de vista de la supresión del engrosamiento del grano.
- 20
- Una velocidad de enfriamiento de la temperatura S no está particularmente limitada, pero es preferible evitar el enfriamiento rápido en el que una velocidad media de enfriamiento sea mayor o igual que 30° C/s. La mayoría de las láminas de acero para estampado en caliente están previstas para el estampado en caliente después de ser cortadas en una forma predeterminada. Por lo tanto, cuando se realiza un enfriamiento rápido después del recocido, aumenta la carga de corte y, por lo tanto, existe la preocupación de que pueda disminuir la eficiencia de producción.
- 25
- 30
- La lámina de acero se puede enfriar a temperatura ambiente después del recocido, o se puede sumergir en un baño de Al fundido mientras se enfría para formar una capa de revestimiento de Al sobre una superficie de la lámina de acero.
- El baño de Al fundido puede contener de 0,1% a 20% de Si.
- 35
- El Si contenido en la capa de revestimiento de Al tiene un efecto sobre una reacción de Al y Fe que se produce antes del estampado en caliente y durante el calentamiento. Una reacción excesiva puede perjudicar la conformabilidad en prensa de la capa de revestimiento. Por otro lado, una supresión excesiva de la reacción puede llevar a la unión de Al a una matriz de prensa. Con el fin de evitar tales problemas, un contenido de Si en la capa de revestimiento de Al es preferiblemente de 1% a 15%, y más preferiblemente de 3% a 12%.
- 40
- Además, durante el enfriamiento y después del recocido, la lámina de acero se puede sumergir en un baño de Zn fundido para formar una capa de revestimiento de Zn sobre una superficie de la lámina de acero.
- 45
- Además, la lámina de acero se puede sumergir en un baño de Zn fundido para formar una capa de revestimiento de Zn sobre una superficie de la lámina de acero, y la lámina de acero sobre la que se forma la lámina Zn se puede calentar a 600° C o más bajo para formar una capa de aleación de Zn-Fe en la superficie de la lámina de acero. Un límite inferior de una temperatura de aleación no está particularmente limitado, y puede ser, por ejemplo, de 450° C.
- 50
- El baño de Zn fundido puede contener de 0,01% a 3% de Al.
- Al en el baño de Zn fundido tiene un fuerte efecto en una reacción de Zn y Fe. Cuando se forma una capa de revestimiento de Zn, la inter-difusión entre Zn y Fe se puede suprimir debido a una interferencia de una capa de reacción de Fe y Al. Por otro lado, cuando se forma una capa de aleación de Zn-Fe, se puede usar Al para controlar una capa deseada para que sea una capa primaria entre múltiples capas que tienen diferentes propiedades tales como la procesabilidad y la adherencia con acero.
- 55
- Estos efectos se pueden desarrollar cuando el baño de Zn fundido contiene 0,01% a 3% de Al. El fabricante puede seleccionar una concentración de Al de acuerdo con la capacidad de fabricación del equipo y el propósito.
- 60
- Como la realización descrita anteriormente, en esta realización, los espesores (espesores de revestimiento) de una capa de revestimiento de Al, una capa de revestimiento de Zn, y una capa de aleación de Zn-Fe se pueden controlar para que sean menores de o igual a un espesor predeterminado. Es decir, es preferible que el espesor de revestimiento de una capa de revestimiento de Al sea menor de o igual a 50 μm ; el espesor de revestimiento de una capa de revestimiento de Zn sea menor de o igual a 30 μm ; y el espesor de revestimiento de una capa de aleación de Zn-Fe sea menor de o igual a 45 μm .
- 65

- La lámina de acero para un elemento de estampado en caliente de acuerdo con la invención tiene los efectos de la invención independientemente del espesor de placa de la misma y la resistencia después del estampado en caliente. Sin embargo, es preferible que la lámina de acero sea manipulada como acero de banda desde el punto de vista de garantizar alta productividad en los procesos respectivos de laminado en caliente, laminado en frío, recocido y revestimiento (formación de una capa de revestimiento). En consecuencia, el espesor de placa preferido de la lámina de acero deseada es de aproximadamente 0,5 mm a 3,5 mm. Además, para reducir aún más el peso de un elemento por medio de un alto refuerzo, la resistencia preferible de la lámina de acero deseada después del estampado en caliente es aproximadamente de 1200 MPa a 2000 MPa en términos de resistencia a la tracción.
- 5
- 10 A continuación, los efectos de la invención se describirán sobre la base de ejemplos.
- [Ejemplo 1]
- Las piezas de acero (aceros) que tienen componentes químicos como se muestra en la Tabla 1 se obtuvieron a través de la fabricación de acero y fundición. Estos aceros se sometieron a laminado en caliente, en el que el calentamiento se realizó a 1250° C y la temperatura de acabado era de 910° C, y se bobinaron a una temperatura de bobinado de 620° C. Como resultado, se obtuvieron láminas de acero laminadas en caliente que tenían un espesor de 3,2 mm. Estas láminas de acero laminadas en caliente se decaparon y se laminaron en frío. Como resultado, se obtuvieron láminas de acero laminadas en frío con un espesor de 1,6 mm.
- 15
- 20 Las láminas de acero laminado en frío anteriormente descritas se recoció para la recristalización en las condiciones que se muestran en la Tabla 2 para obtener láminas de acero para estampado en caliente.
- Bajo la condición x, una lámina de acero laminada en frío se calentó de 300° C a 600° C a una velocidad de calentamiento constante de 10° C/s y luego se calentó a 800° C a una tasa de calentamiento constante de 2° C/s. En este caso, en ambos intervalos de temperatura de 300° C a 600° C y de 600° C a 800° C, los cambios d/dt ($\Delta T/\Delta t$) en la velocidad de aumento de la temperatura de una lámina de acero fueron 0 (cero), respectivamente. Bajo las otras condiciones, en un intervalo de 300° C a la temperatura S, se calentó una lámina de acero laminada en frío de manera que un cambio d/dt ($\Delta T/\Delta t$) en la velocidad de aumento de la temperatura de una lámina de acero fue constante. Un método para obtener este d/dt ($\Delta T/\Delta t$) se describirá detalladamente en el Ejemplo 3.
- 25
- 30 Se recogió una muestra de la lámina de acero para el estampado en caliente, se pulió una sección paralela a la dirección de laminado de la muestra, y se hizo emerger una microestructura de la sección usando un agente de ataque químico de picral. Luego, usando un microscopio electrónico de exploración, una región desde una superficie de la lámina de acero laminada en frío (muestra) hasta una posición que está a una distancia de la superficie de la lámina de acero de 0,4 mm en la dirección del espesor (una posición de 1/4 de espesor de la lámina de acero) se observó a un aumento de 5000 veces para medir los tamaños de carburos de hierro. Esta observación se realizó hasta que el número de carburos de hierro medidos fue mayor o igual que 600. Luego, los datos medidos se procesaron para obtener una desviación estándar.
- 35
- 40 Mientras tanto, se preparó una pieza en bruto que tenía un tamaño de 170 mm x 1000 mm a partir de la lámina de acero laminada en frío descrita anteriormente. Esta pieza en bruto se transformó mediante estampación en caliente en acero de forma equilátera con una base que tenía un tamaño de aproximadamente 70 mm. La deflexión d (mm) de la pieza en bruto se midió con el método ilustrado en la FIGURA 2.
- 45 Las condiciones de calentamiento antes del estampado en caliente fueron una temperatura de 900° C y tiempos de espera de 1 minuto y 10 minutos.
- Además, se preparó una pieza en bruto 32 que tenía un tamaño de 210 mm x 300 mm a partir de la lámina de acero laminada en frío anteriormente descrita. Usando una matriz superior 31a y una matriz inferior 31b de una placa de estampado en la FIGURA 3, la pieza en bruto 32 se estampó en caliente bajo las mismas condiciones de conformación (excepto la forma) que las de la forma de acero 12 para obtener un material para medir una resistencia a la tracción. A partir de este material, se recogieron dos piezas para ensayo de tracción JIS 5. Para recoger las piezas de ensayo, se realizó el mecanizado por descarga eléctrica. Se realizó una prueba de tracción en las piezas de ensayo obtenidas para obtener una resistencia a la tracción σ_B (valor promedio de las dos piezas).
- 50
- 55 En la Tabla 3 se muestran símbolos de acero, condiciones de recocido, un cambio d/dt ($\Delta T/\Delta t$) en una velocidad de aumento de una temperatura de la lámina de acero de 300° C a una temperatura máxima S (° C), un valor promedio y una desviación estándar de tamaños de carburos de hierro, σ_B (valor promedio de las dos piezas), y una deflexión d .
- 60 En las láminas de acero (Nros. 1 a 8, 10, 11, 13 y 15 a 25) obtenidas por recocido en las condiciones de recocido i, iii, iv, vi, viii y ix que satisfacen las condiciones de la invención, se obtuvo una resistencia a la tracción de aproximadamente 1200 MPa a 1500 MPa, y se observó una pequeña deflexión que tenía un tamaño de 5 mm o menos. Por otro lado, en láminas de acero (números 9, 12, 14, 26 y 27) obtenidas por recocido en condiciones de recocido que no cumplían las condiciones de la invención, se observó una deflexión que tiene un tamaño superior a 5
- 65 mm.

5 Como se ilustra en la FIGURA 4 (condiciones de calentamiento antes del estampado en caliente de 900° C y un tiempo de espera de 1 minuto) y FIGURA 5 (condiciones de calentamiento antes del estampado en caliente de 900° C y un tiempo de espera de 10 minutos), fue obvio que los resultados anteriores dependieron fuertemente de la desviación estándar de los tamaños de carburos de hierro que estaban contenidos en una región desde una superficie a una posición 1/4 de espesor de una lámina de acero antes del estampado en caliente; y cuando la desviación estándar de los tamaños de carburos de hierro que estaban contenidos en una región desde una superficie a una posición 1/4 del espesor de una lámina de acero antes del estampado en caliente fue menor de o igual a 8 µm (Nros. 1 a 8, 10, 11, 13, y 15 a 25; indicado por círculos abiertos), se pudo obtener un elemento largo de estampado en caliente que tenía una deflexión menor.

10 Por otro lado, era obvio que, cuando la desviación estándar era mayor de 8 µm (Nros. 9, 12, 14, 26, y 27; indicado por círculos llenos o triángulos llenos), la deflexión d era mayor que 8 µm, lo que era intolerable.

15 Además, era obvio que, a fin de obtener una lámina de acero en la que una desviación estándar de los tamaños de carburos de hierro, que estaban contenidos en una región desde una superficie a una posición de 1/4 del espesor de una lámina de acero antes del estampado en caliente, fuera menor de o igual a 0,8 µm, recocido por recristalización se realizó preferiblemente en las condiciones en que un cambio d/dt ($\Delta T/\Delta t$) en una velocidad de aumento de una temperatura de la lámina de acero de 300° C hasta una temperatura máxima S (° C) cumplió una expresión de $-0,2 \leq d/dt (\Delta T/\Delta t) < 0$; y la temperatura máxima S era 720° C a 820° C, como se indica mediante círculos abiertos en la FIGURA 6. Cuando d/dt ($\Delta T/\Delta t$) era menor de -0,2, o mayor de o igual a 0; o cuando S es menor de 720° C o mayor de 820° C, como se indica mediante círculos llenos y triángulos llenos en el mismo dibujo, la desviación estándar de los tamaños de carburos de hierro fue mayor de 0,8 µm.

[Tabla 1]

25

Símbolo de acero	Componentes químicos (% en masa)							
	C	Si	Mn	P	S	Al	N	Otros
a	0,25	0,3	1,3	0,02	0,002	0,03	0,004	Ti: 0,03, B: 0,003
b	0,22	0,3	1,2	0,02	0,002	0,03	0,003	
c	0,21	0,3	1,4	0,02	0,002	0,03	0,002	B: 0,004
d	0,20	0,2	1,2	0,02	0,002	0,03	0,004	Cr: 0,2, Ti: 0,02, B: 0,002
e	0,18	0,2	1,3	0,02	0,002	0,03	0,003	Cr: 1,4, Ti: 0,02, B: 0,002
f	0,15	0,3	1,1	0,02	0,002	0,03	0,003	Cr: 0,1, B: 0,004
g	0,12	0,2	1,3	0,02	0,002	0,03	0,003	Ti: 0,03, Nb: 0,01, B: 0,003
h	0,10	0,1	1,0	0,02	0,002	0,03	0,003	Cr: 0,2, Ti: 0,02, B: 0,003
i	0,23	0,1	0,6	0,02	0,002	0,03	0,003	Cr: 0,2, Ti: 0,02, B: 0,002
j	0,26	0,1	0,3	0,02	0,002	0,03	0,003	Cr: 0,2, Ti: 0,02, B: 0,002

[Tabla 2]

Condición Núm.	d/dt ($\Delta T/\Delta t$) (° C/s ²)	Temperatura S (° C)	Condiciones de enfriamiento	
i	-0,05	800	No mantenido. Enfriamiento a 670° C a una tasa de enfriamiento promedio de 6° C/s, mantenida a 670° C durante 10 segundos, enfriamiento por aire a temperatura ambiente	Ejemplo
ii	-0,05	<u>710</u>	Igual que anteriormente	Ejemplo comparativo
iii	-0,05	720	Igual que anteriormente	Ejemplo
iv	-0,1	820	Igual que anteriormente	Ejemplo
v	-0,1	<u>830</u>	Igual que anteriormente	Ejemplo comparativo
vi	-0,2	800	Igual que anteriormente	Ejemplo

ES 2 683 843 T3

vii	<u>-0,21</u>	800	Igual que anteriormente	Ejemplo comparativo
viii	-0,005	800	Igual que anteriormente	Ejemplo
ix	-0,02	800	Mantenido a 800° C durante 10 segundos, Enfriamiento por aire a temperatura ambiente	Ejemplo
x	<u>0</u>	800	Igual que anteriormente	Ejemplo comparativo
xi	<u>0,1</u>	725	Mantenido a 725° C durante 10 segundos, Enfriamiento por aire a temperatura ambiente	Ejemplo comparativo

Los números subrayados representan que están fuera del alcance de la invención.

En el número de condición x, la tasa de calentamiento de 300° C a 600° C es constante a 10° C/s, y la tasa de calentamiento de 600° C a 800° C era constante a 2° C/s.

5

[Tabla 3]

Núm.	Símbolo del acero	Condiciones de recocido	d/dt ($\Delta T/\Delta t$) ($^{\circ}C/s^2$)	Valor promedio (μm) de los tamaños de carburos de hierro	Desviación estándar (μm) de los tamaños de carburos de hierro	Condiciones de calentamiento antes del estampado en caliente						
						Mantenido a 900° C durante 1 minuto		Mantenido a 900° C durante 10 minutos		σ_B (MPa)	d (mm)	Ejemplo
						σ_B (MPa)	d (mm)	σ_B (MPa)	d (mm)			
1	a	i	-0,05	1,3	0,51	1506	2,4	1508	2,2	Ejemplo		
2	b	i	-0,05	1,2	0,44	1500	2,0	1505	2,0	Ejemplo		
3	c	i	-0,05	1,2	0,63	1493	2,7	1497	2,8	Ejemplo		
4	d	i	-0,05	1,2	0,57	1491	2,6	1493	2,5	Ejemplo		
5	e	i	-0,05	1,4	0,50	1502	2,7	1505	2,2	Ejemplo		
6	t	i	-0,05	1,1	0,49	1419	2,3	1425	2,0	Ejemplo		
7	g	i	-0,05	1,0	0,46	1306	1,6	1310	1,8	Ejemplo		
8	h	i	-0,05	1,5	0,79	1200	3,8	1203	3,4	Ejemplo		
9	a	ii	-0,05	1,9	<u>0,92</u>	1476	9,1	1502	9,9	Ejemplo comparativo		
10	a	iii	-0,05	1,3	0,52	1505	2,8	1505	2,6	Ejemplo		
11	a	iv	-0,1	1,2	0,53	1496	3,6	1499	3,8	Ejemplo		
12	a	v	-0,1	1,8	<u>1,01</u>	1501	13,1	1504	12,0	Ejemplo comparativo		
13	a	vi	-0,2	1,4	0,40	1504	3,8	1508	4,0	Ejemplo		
14	a	vii	<u>-0,21</u>	1,7	<u>0,89</u>	1499	9,0	1504	8,8	Ejemplo comparativo		
15	a	viii	-0,005	1,6	0,60	1502	3,3	1510	3,2	Ejemplo		

16	a	ix	-0,02	1,6	0,58	1509	2,6	1516	2,6	Ejemplo
17	b	ix	-0,02	1,5	0,60	1508	4,5	1512	4,4	Ejemplo
18	c	ix	-0,02	1,2	0,39	1502	3,0	1509	3,6	Ejemplo
19	d	ix	-0,02	1,3	0,33	1504	3,9	1506	3,6	Ejemplo
20	e	ix	-0,02	1,2	0,29	1499	3,3	1500	3,0	Ejemplo
21	f	ix	-0,02	1,7	0,52	1491	4,1	1496	4,2	Ejemplo
22	g	ix	-0,02	1,6	0,42	1290	1,7	1292	1,2	Ejemplo
23	h	ix	-0,02	1,5	0,37	1209	1,4	1209	1,0	Ejemplo
24	i	i	-0,05	1,3	0,41	1500	3,0	1501	3,1	Ejemplo
25	j	i	-0,05	1,3	0,39	1508	2,7	1511	2,9	Ejemplo
26	a	x	0	1,4	0,85	1489	9,8	1503	9,0	Ejemplo comparativo
27	a	xi	0,1	2,0	0,90	1490	10,8	1496	10,2	Ejemplo comparativo

Los caracteres subrayados representan que están fuera del alcance de la invención.

[Ejemplo 2]

Las piezas de acero (aceros) que tienen componentes químicos como se muestra en la Tabla 4 se obtuvieron a través de la fabricación de acero y fundición. Estos aceros se trataron en las mismas condiciones que las del Ejemplo 1 para obtener láminas de acero laminadas en caliente que tenían un espesor de 3,0 mm. Estas láminas de acero laminadas en caliente se decaparon y se laminaron en frío. Como resultado, se obtuvieron láminas de acero laminadas en frío con un espesor de 1,2 mm.

Estas láminas de acero laminadas en frío se recocieron para la recristalización bajo las condiciones i, vii e ix que se muestran en la Tabla 2 para obtener láminas de acero para estampación en caliente.

Se midieron los tamaños de carburos de hierro que estaban contenidos en una región desde una superficie de la lámina de acero laminada en frío obtenida hasta una posición que estaba a una distancia de la superficie de la lámina de acero de 0.3 mm en la dirección del espesor (una posición a 1/4 del espesor de la lámina de acero) y se obtuvo una desviación estándar de los tamaños de carburos de hierro. Además, las láminas de acero laminadas en frío descritas anteriormente se estamparon en caliente bajo las dos condiciones de calentamiento de mantenimiento a 900° C durante 1 minuto y durante 5 minutos para obtener formas de acero. Además, mediante la medición de una deflexión d de cada forma de acero con el mismo método que el del Ejemplo 1, se recogieron piezas de ensayo de tracción a partir de la forma de acero para obtener un σ_B de resistencia a la tracción.

Los resultados de estos se muestran en la Tabla 5.

En las láminas de acero para el estampado en caliente obtenidas por el recocido con recristalización en condiciones de recocido i e ix que cumplieron las condiciones de la invención, incluso cuando una lámina de acero contiene componentes químicos tales como Mo, W, V, Cu, y Ni, la desviación estándar de los tamaños de carburos de hierro desde una superficie a una posición 1/4 de espesor de la lámina de acero era menor de o igual a 0,8 μm . Además, en este caso, fue obvio que una deflexión de un componente largo (forma de acero) fue menor de o igual a 5 mm independientemente de las condiciones de calentamiento (tiempo de espera a 900° C) antes del estampado en caliente; y se obtuvo un elemento de estampado en caliente superior.

Por otro lado, en las láminas de acero obtenidas por el recocido con recristalización en condiciones de recocido vii que no cumplió las condiciones de la invención, la desviación estándar de los tamaños de carburos de hierro desde una superficie a una posición 1/4 de espesor de la lámina de acero era mayor de 0,8 μm . En este caso, fue obvio que una deflexión de un elemento de estampado en caliente fue mayor de 5 μm independientemente de las condiciones de calentamiento (tiempo de espera a 900° C) antes del estampado en caliente; y tal lámina de acero presentó una conformabilidad de estampado en caliente baja.

[Tabla 4]

Símbolo de acero	Componentes químicos (% en masa)							
	C	Si	Mn	P	S	Al	N	Otros
2a	0,35	0,4	1,0	0,02	0,004	0,03	0,004	Cr: 0,2, Ti: 0,01, B: 0,002, Cu: 0,1, Ni: 0,1
2b	0,31	0,5	1,3	0,02	0,004	0,03	0,004	Cr: 0,5, Ti: 0,02, B: 0,004, Nb: 0,02, Mo: 0,2
2c	0,28	0,9	1,7	0,02	0,004	0,03	0,004	W: 0,2, Ni: 2,0
2d	0,25	0,8	1,8	0,02	0,004	0,03	0,004	Ti: 0,03, B: 0,003, Mo: 0,2, Ni: 1,0
2e	0,22	0,6	1,6	0,02	0,004	0,03	0,003	Mo: 0,1, W: 0,5, V: 0,5
2f	0,21	0,4	1,4	0,02	0,004	0,03	0,002	B: 0,005, Mo: 0,1, V: 0,5
2g	0,20	0,3	1,3	0,02	0,004	0,03	0,004	Cr: 0,2, Tr: 0,02, Mo: 0,2, W: 0,4
2h	0,18	0,3	1,3	0,02	0,004	0,03	0,003	Cr: 1,4, Ti: 0,02, B: 0,0022, Mo: 0,1, V: 0,2

[Tabla 5]

Núm.	Símbolo de acero	Condiciones de recocido	Valor promedio (μm) de tamaños de carburos de hierro	Desviación estándar (μm) de tamaños de carburos de hierro	Condiciones de calentamiento antes del estampado en caliente				
					Mantenido a 900° C durante 1 minuto		Mantenido a 900° C durante 5 minutos		
					σ_B (MPa)	d (mm)	σ_B (MPa)	d (mm)	
28	2a	i	1,8	0,38	1794	3,4	1795	3,3	Ejemplo
29	2a	vii	2,2	<u>0,84</u>	1785	9,9	1792	9,6	Ejemplo comparativo
30	2a	ix	1,9	0,49	1794	2,8	1800	2,9	Ejemplo
31	2b	i	1,7	0,26	1698	4,8	1703	4,8	Ejemplo
32	2b	vii	2,4	<u>1,07</u>	1691	9,3	1697	9,0	Ejemplo comparativo
33	2b	ix	1,7	0,27	1708	3,5	1710	3,4	Ejemplo
34	2c	i	1,9	0,45	1596	4,5	1598	4,7	Ejemplo
35	2c	vii	2,5	<u>1,03</u>	1580	10,3	1592	10,1	Ejemplo comparativo
36	2c	ix	2,0	0,62	1590	4,2	1590	4,1	Ejemplo
37	2d	i	1,6	0,29	1490	2,1	1493	1,8	Ejemplo
38	2d	vii	2,4	<u>1,26</u>	1492	9,6	1504	9,7	Ejemplo comparativo
39	2d	ix	1,9	0,50	1496	4,5	1497	4,4	Ejemplo
40	2e	i	2,2	0,79	1492	3,6	1492	3,5	Ejemplo
41	2e	vii	2,3	<u>0,93</u>	1491	12,2	1502	12,0	Ejemplo comparativo
42	2e	ix	1,8	0,30	1510	4,3	1516	4,6	Ejemplo
43	2f	i	1,8	0,22	1503	3,3	1507	3,2	Ejemplo
44	2f	vii	2,6	<u>1,16</u>	1506	9,5	1515	9,5	Ejemplo comparativo
45	2f	ix	2,2	0,19	1520	4,4	1521	4,6	Ejemplo
46	2g	i	1,8	0,74	1490	4,2	1496	4,6	Ejemplo
47	2g	vii	2,4	<u>1,03</u>	1493	14,2	1508	14,0	Ejemplo comparativo
48	2g	ix	1,7	0,53	1528	4,1	1528	4,1	Ejemplo
49	2h	i	1,6	0,44	1503	2,9	1508	3,0	Ejemplo
50	2h	vii	2,0	<u>0,83</u>	1513	7,2	1514	7,4	Ejemplo comparativo
51	2h	ix	1,8	0,65	1520	4,2	1524	4,2	Ejemplo

Los elementos subrayados representan que están fuera del alcance de la invención.

5

[Ejemplo 3]

Se obtuvieron piezas de acero (aceros) que tenían componentes químicos como se muestra en la Tabla 6 a través de

la fabricación de acero y fundición. Estos aceros se trataron en las mismas condiciones que las del Ejemplo 1 para obtener láminas de acero laminadas en caliente que tenían un espesor de 2,5 mm. Estas láminas de acero laminadas en caliente se decaparon y se laminaron en frío. Como resultado, se obtuvieron láminas de acero laminadas en frío con un espesor de 1,2 mm.

Estas láminas de acero laminadas en frío se calentaron a 800° C de acuerdo con un historial de temperatura ilustrado en la FIGURA 7, se enfriaron inmediatamente a una velocidad media de enfriamiento de 6,5° C/s, y se sumergieron en un baño de Al fundido (que contenía 10% de Si e impurezas inevitables) a 670° C. Luego, las láminas de acero laminadas en frío se sacaron del baño de Al fundido después de 5 segundos. La cantidad de depósito de una capa de revestimiento se ajustó usando un limpiador de gas, seguido de enfriamiento por aire a temperatura ambiente.

Cuando la temperatura de la lámina de acero y el tiempo después del inicio del recocido (tiempo transcurrido después del inicio del calentamiento) están representados por T (° C) y t (segundos), respectivamente, los datos con respecto a T y t se pueden leer del historial de temperatura de la FIGURA 7 como se muestra a continuación en la Tabla 7. A partir de estos datos de lectura, se generó un gráfico utilizando un software de hoja de cálculo Excel (fabricado por Microsoft Corporation), y este gráfico se aproximó mediante un polinomio de segundo grado. Como resultado, se obtuvo una expresión de aproximación ilustrada en la FIGURA 7 ($T = -0,0374t^2 + 10,302t + 79,949$). Redondeando cada coeficiente de esta expresión de aproximación, se puede definir una relación entre T y t como $T = -0,037t^2 + 10,3t + 80$. En consecuencia, $d/dt (\Delta T/\Delta t)$ fue $-0,074$.

Además, como se ilustra en la FIGURA 7, un coeficiente de determinación R^2 de la expresión de aproximación obtenida fue 0,999. Como este ejemplo, $d/dt (\Delta T/\Delta t)$ usado en la invención puede ser un valor que es dos veces un coeficiente de t^2 (coeficiente de una variable del segundo grado) cuando se lee una temperatura en un intervalo de tiempo (en el que es mayor de 0 segundos) de 10 segundos o menos o 5 segundos o menos de un historial de temperatura durante el calentamiento del proceso de recocido de recristalización y luego se determina una curva de aproximación (curva de aproximación polinomial de segundo grado) de modo que un coeficiente de determinación R^2 sea mayor o igual a 0,99

En la lámina de acero obtenida, se midieron los tamaños de carburos de hierro que estaban contenidos en una región desde un límite entre una capa interna (capa de reacción de Al y Fe) de una capa de revestimiento de Al y la lámina de acero hasta una posición distante del límite 0,3 mm en la dirección a través del espesor, y se obtuvo una desviación estándar de los tamaños de carburos de hierro. Durante la medición de los carburos de hierro, se midió el espesor (espesor total de dos capas) de la capa de revestimiento de Al. Además, con el mismo método que el del Ejemplo 1, la lámina de acero se estampó en caliente hasta una forma de acero y una placa para medir una deflexión d y una resistencia a la tracción σ_B . En este caso, las condiciones de calentamiento antes del estampado en caliente se mantuvieron a 900° C durante 1 minuto.

Los resultados de los mismos se muestran en la Tabla 8.

En todos los Ejemplos (Nros. 52 a 71), se obtuvo un elemento de estampado en caliente que tiene un tamaño de deflexión de 5 mm o menos. Sin embargo, en los Ejemplos Nros. 56, 61, 66 y 71 en los que el espesor de la capa de revestimiento de Al fue mayor de 50 μ m, se observó con mucha frecuencia excoiación en una región de la forma de acero desde una porción de esquina hasta una porción de extremo. En ejemplos en los que el espesor de la capa de revestimiento de Al era menor o igual que 50 μ m no se observó excoiación. Por consiguiente, cuando se forma una capa de revestimiento de Al en la superficie de la lámina de acero, un límite superior del espesor de la capa de revestimiento de Al es preferiblemente menor o igual que 50 μ m desde el punto de vista de la calidad de revestimiento. En la Tabla 8, para la calidad de la capa de revestimiento de Al, se evaluaron como "A" los ejemplos en los que no se observó excoiación en la capa de revestimiento de Al. y los ejemplos en los que se observó excoiación en la capa de revestimiento de Al se evaluaron como "B".

[Tabla 6]

Símbolo de acero	Componentes químicos (% en masa)							
	C	Si	Mn	P	S	Al	N	Otros
3a	0,34	0,09	1,8	0,02	0,004	0,04	0,002	Cr: 0,2, Mo: 0,2, Cu: 0,1, Ni: 0,05
3b	0,26	0,18	1,4	0,02	0,004	0,04	0,002	Cr: 0,002, Ti: 0,02, B: 0,003, Mo: 0,2, W: 0,1, V: 0,1
3c	0,23	0,12	1,3	0,01	0,008	0,03	0,003	Cr: 0,13, Ti: 0,03, Nb: 0,02, B: 0,002
3d	0,13	0,33	1,0	0,01	0,008	0,03	0,003	B: 0,0005

[Tabla 7]

t (s)	T (° C)
0,32	42,99
4,68	98,13
8,76	138,17
12,11	174,93
15,46	208,73
18,16	236,3
21,19	266,82
24,58	297,67
28,94	340,66
32,32	371,18
35,68	402,03
40,04	429,6
44,43	463,41
49,15	500,16
53,87	530,69
58,56	558,25
63,64	589,1
69,01	616,67
74,74	644,24
79,46	662,62
86,52	690,19
92,9	711,85
100,32	730,23
106,05	742,37
111,42	757,79
116,14	769,94
121,55	782,41
127,6	797,51

[Tabla 8]

Núm.	Símbolo del acero	Valor promedio (μm) de los tamaños de carburos de hierro	Desviación estándar (μm) de los tamaños de carburos de hierro	σ_B (MPa)	d (mm)	Espesor de la capa de revestimiento (μm)	Calidad de la capa de revestimiento	
52	3a	2,0	0,51	1784	3,3	16,1	A	Ejemplo
53	3a	2,0	0,48	1789	3,5	32,2	A	Ejemplo
54	3a	2,0	0,42	1801	3,2	33,9	A	Ejemplo
55	3a	2,1	0,66	1792	4,0	48,8	A	Ejemplo
56	3a	2,0	0,52	1790	3,8	51,0	B	Ejemplo
57	3b	2,0	0,47	1516	3,5	15,0	A	Ejemplo
58	3b	1,9	0,39	1520	2,9	19,7	A	Ejemplo
59	3b	2,0	0,63	1524	4,1	34,9	A	Ejemplo
60	3b	2,1	0,68	1522	4,1	49,5	A	Ejemplo
61	3b	2,0	0,42	1534	3,4	54,8	B	Ejemplo
62	3c	1,8	0,35	1502	2,9	14,9	A	Ejemplo
63	3c	1,8	0,32	1509	3,7	20,2	A	Ejemplo
64	3c	1,9	0,74	1513	4,8	34,5	A	Ejemplo
65	3c	1,9	0,76	1519	4,9	49,0	A	Ejemplo
66	3c	1,9	0,69	1524	4,4	55,9	B	Ejemplo
67	3d	1,7	0,55	1318	4,1	17,0	A	Ejemplo
68	3d	1,8	0,67	1326	4,2	20,2	A	Ejemplo
69	3d	1,7	0,52	1320	4,0	30,2	A	Ejemplo
70	3d	1,7	0,50	1314	3,9	42,2	A	Ejemplo
71	3d	1,7	0,44	1310	3,7	53,1	B	Ejemplo

[Ejemplo 4]

5 Las piezas de acero (aceros) que tienen componentes químicos como se muestra en la Tabla 6 se obtuvieron a través de la fabricación de acero y fundición. Estos aceros se trataron en las mismas condiciones que las del Ejemplo 1 para obtener láminas de acero laminadas en caliente que tenían un espesor de 2,5 mm. Estas láminas de acero laminadas en caliente se decaparon y se laminaron en frío. Como resultado, se obtuvieron láminas de acero laminadas en frío con un espesor de 1,2 mm.

10 Estas láminas de acero laminadas en frío se calentaron a 800° C de acuerdo con el mismo historial de temperatura que el del Ejemplo 3, se enfriaron inmediatamente a una velocidad media de enfriamiento de 6,5° C/s, y se sumergieron en un baño de Zn fundido (que contenía 0,15% de Al e impurezas inevitables) a 460° C. Luego, las láminas de acero laminadas en frío se sacaron del baño de Zn fundido después de 3 segundos. La cantidad de depósito de una capa de revestimiento se ajustó usando un limpiador de gas, seguido de enfriamiento por aire a temperatura ambiente.

15 En la lámina de acero obtenida, se midieron los tamaños de carburos de hierro que estaban contenidos en una región desde un límite entre una capa interna (capa de reacción de Al y Fe) de una capa de revestimiento de Zn y la lámina de acero hasta una posición que está a una distancia del límite de 0,3 mm en la dirección a través del espesor, y se obtuvo una desviación estándar de los tamaños de carburos de hierro. Durante la medición de los carburos de hierro, se midió el espesor (espesor total de dos capas) de la capa de revestimiento de Zn. Además, con el mismo método que el del Ejemplo 1, la lámina de acero se estampó en caliente a una forma de acero y una placa para medir una deflexión d y una resistencia a la tracción σ_B . En este caso, las condiciones de calentamiento antes del estampado en caliente eran dos condiciones de <1> calentamiento de la lámina de acero a 880° C y mantenimiento de la temperatura durante 5 segundos, seguido por enfriamiento por aire a 700° C; y <2> mantenimiento de la temperatura a 900° C durante 1 minuto.

Los resultados de ello se muestran en la Tabla 9.

5 En todos los Ejemplos (Nros. 72 a 91), se obtuvo un elemento de estampado en caliente que tiene un tamaño de deflexión de 5 mm o menos, independientemente de las condiciones de calentamiento antes de la estampación en caliente. Sin embargo, en los Ejemplos Nros. 76, 81, 86 y 91, en los cuales el espesor de la capa de revestimiento de Zn era mayor de 30 μm , la adherencia de Zn se observaba con mucha frecuencia en una matriz. En ejemplos en los que el espesor de la capa de revestimiento de Zn era menor de o igual a 30 μm no se observó adherencia. En consecuencia, cuando se forma una capa de revestimiento de Zn sobre la superficie de la lámina de acero, un límite superior del espesor de la capa de revestimiento de Zn es preferiblemente menor de o igual a 30 μm desde el punto de vista de la calidad de revestimiento. En la Tabla 9, para la calidad de la capa de revestimiento Zn, los ejemplos en los que Zn no se adhirió a la matriz se evaluaron como "A"; y los ejemplos en los que Zn se adhirió a la matriz se evaluaron como "B".

10

[Tabla 9]

Núm.	Símbolo del Valor promedio (μm) de los tamaños de carburos de hierro	Desviación estándar (μm) de los tamaños de carburos de hierro	Condiciones de calentamiento antes del estampado en caliente				Espesor (μm) de la capa de revestimiento de Zn	Calidad de la capa de revestimiento de Zn	Ejemplo	
			<1>		<2>					
			σ_B (MPa)	d (mm)	σ_B (MPa)	d (mm)				
72	3a	2,0	0,62	1784	3,9	1788	3,6	6,0	A	Ejemplo
73	3a	2,0	0,39	1788	2,9	1795	3,1	12,6	A	Ejemplo
74	3a	2,0	0,44	1803	4,1	1809	4,0	23,9	A	Ejemplo
75	3a	2,1	0,51	1795	4,2	1796	4,2	28,7	A	Ejemplo
76	3a	2,0	0,66	1793	4,4	1799	4,1	31,1	B	Ejemplo
77	3b	2,0	0,55	1516	3,3	1520	3,6	11,0	A	Ejemplo
78	3b	1,9	0,39	1523	3,7	1533	3,6	19,6	A	Ejemplo
79	3b	2,0	0,77	1534	2,6	1535	2,9	24,8	A	Ejemplo
80	3b	2,1	0,46	1532	4,3	1536	3,9	29,2	A	Ejemplo
81	3b	2,0	0,37	1548	3,6	1555	3,8	32,7	B	Ejemplo
82	3c	1,8	0,51	1518	3,7	1527	3,5	11,3	A	Ejemplo
83	3c	1,8	0,66	1537	5,0	1540	4,2	17,4	A	Ejemplo
84	3c	1,9	0,58	1524	4,2	1524	4,4	19,8	A	Ejemplo
85	3c	1,9	0,57	1539	4,7	1547	4,3	29,3	A	Ejemplo
86	3c	1,9	0,77	1548	3,9	1549	3,8	32,5	B	Ejemplo
87	3d	1,7	0,46	1336	3,7	1345	3,2	11,0	A	Ejemplo
88	3d	1,8	0,42	1342	4,4	1344	4,1	17,0	A	Ejemplo
89	3d	1,7	0,32	1319	4,9	1322	4,3	20,4	A	Ejemplo

90	3d	1,7	0,69	1320	4,2	1320	4,2	28,9	A	Ejemplo
91	3d	1,7	0,70	1341	3,5	1349	3,4	33,0	B	Ejemplo

<1> Calentar la lámina de acero a 880° C y mantener la temperatura durante 5 segundos, seguido por enfriamiento por aire hasta 700° C.
 <2> Mantener la temperatura a 900° C durante 1 minuto.

[Ejemplo 5]

Las piezas de acero (aceros) que tienen componentes químicos como se muestra en la Tabla 6 se obtuvieron a través de la fabricación de acero y fundición. Estos aceros se trataron en las mismas condiciones que las del Ejemplo 1 para obtener láminas de acero laminadas en caliente que tienen un espesor de 2,5 mm. Estas láminas de acero laminadas en caliente se decaparon y se laminaron en frío. Como resultado, se obtuvieron láminas de acero laminadas en frío con un espesor de 1,2 mm.

Estas láminas de acero laminadas en frío se calentaron a 800° C de acuerdo con el mismo historial de temperatura que el del Ejemplo 3, se enfriaron inmediatamente a una velocidad media de enfriamiento de 6,5° C/s, y se sumergieron en un baño de Zn fundido (que contenía 0,13% de Al, 0,03% de Fe, e impurezas inevitables) a 460° C. Luego, las láminas de acero laminadas en frío se sacaron del baño de Zn fundido después de 3 segundos. La cantidad de depósito de una capa de revestimiento se ajustó usando un limpiador de gas. Luego las láminas de acero laminadas en frío se calentaron a 480° C para formar una capa de aleación de Zn-Fe sobre la misma, seguido por enfriamiento por aire a temperatura ambiente.

En la lámina de acero obtenida, se midieron los tamaños de carburos de hierro que estaban contenidos en una región desde un límite entre la capa más interna (capa de reacción de Al y Fe) de una capa de aleación de Zn-Fe y la lámina de acero hasta una posición que está distante del límite 0,3 mm en la dirección a través del espesor, y se obtuvo una desviación estándar de los tamaños de carburos de hierro. Durante la medición de los carburos de hierro, se midió el espesor total de la capa de aleación de Zn-Fe (que incluye 4 capas). Además, con el mismo método que el del Ejemplo 1, la lámina de acero se estampó en caliente a una forma de acero y una placa para medir una deflexión y una resistencia a la tracción σ_B . En este caso, las condiciones de calentamiento antes del estampado en caliente fueron dos condiciones de <1> calentamiento de la lámina de acero a 880° C y mantenimiento de la temperatura durante 5 segundos, seguido por enfriamiento con aire a 700° C; y <2> mantenimiento de la temperatura a 900° C durante 1 minuto.

Los resultados de ello se muestran en la Tabla 10.

En todos los Ejemplos (Nros. 92 a 111), se obtuvo un elemento de estampado en caliente que tenía un tamaño de deflexión de 5 mm o menos, independientemente de las condiciones de calentamiento antes del estampado en caliente. Sin embargo, en los Ejemplos Nros. 96, 101, 106, y 111, en los cuales el espesor de la de aleación de Zn-Fe fue mayor de 45 μm , se generaron pequeñas grietas en la capa de aleación después del estampado en caliente. En ejemplos en los que el espesor de la capa de aleación de Zn-Fe era menor o igual que 45 μm , no se generaron pequeñas grietas. En consecuencia, cuando se forma una capa de aleación de Zn-Fe en la superficie de la lámina de acero, un límite superior del espesor de la capa de aleación de Zn-Fe es preferiblemente menor o igual que 45 μm desde el punto de vista de la calidad del revestimiento. En la Tabla 10, para la calidad de la capa de aleación de Zn-Fe, los ejemplos en los que no se generaron grietas pequeñas en la capa de aleación de Zn-Fe se evaluaron como "A"; y los ejemplos en los que se generaron pequeñas grietas en la capa de aleación de Zn-Fe se evaluaron como "B".

[Tabla 10]

Núm.	Símbolo del acero	Valor promedio (µm) de los tamaños de carburos de hierro	Desviación estándar (µm) de los tamaños de carburos de hierro	Condiciones de calentamiento antes del estampado en caliente				Espesor (µm) de la capa de revestimiento de Zn-Fe	Calidad de la capa de revestimiento de Zn-Fe	
				<1>		<2>				
				σ_B (MPa)	d (mm)	σ_B (MPa)	d (mm)			
92	3a	2,0	0,42	1773	4,2	1777	4,3	15,0	A	Ejemplo
93	3a	2,0	0,44	1777	4,4	1778	4,6	20,2	A	Ejemplo
94	3a	2,0	0,39	1802	3,2	1815	3,0	31,1	A	Ejemplo
95	3a	2,1	0,73	1786	3,4	1788	3,0	39,9	A	Ejemplo
96	3a	2,0	0,79	1772	2,9	1775	3,5	46,0	B	Ejemplo
97	3b	2,0	0,66	1505	3,9	1506	4,1	15,6	A	Ejemplo
98	3b	1,9	0,41	1519	4,1	1522	4,0	21,7	A	Ejemplo
99	3b	2,0	0,33	1513	3,3	1517	3,6	39,3	A	Ejemplo
100	3b	2,1	0,68	1502	4,8	1502	4,2	44,7	A	Ejemplo
101	3b	2,0	0,47	1518	4,6	1529	4,4	49,8	B	Ejemplo
102	3c	1,8	0,45	1506	3,7	1509	3,9	14,5	A	Ejemplo
103	3c	1,8	0,53	1503	4,2	1513	4,0	20,7	A	Ejemplo
104	3c	1,9	0,55	1500	4,8	1507	4,0	34,7	A	Ejemplo
105	3c	1,9	0,59	1506	5,0	1508	4,2	42,3	A	Ejemplo
106	3c	1,9	0,67	1510	4,3	1522	4,3	45,3	B	Ejemplo
107	3d	1,7	0,60	1307	3,3	1309	3,9	15,1	A	Ejemplo
108	3d	1,8	0,50	1313	3,6	1320	3,8	18,0	A	Ejemplo

109	3d	1,7		0,44	1320	3,8	1329	3,4	30,1	A	Ejemplo
110	3d	1,7		0,70	1314	4,4	1314	4,4	42,8	A	Ejemplo
111	3d	1,7		0,73	1310	4,8	1313	4,7	46,6	B	Ejemplo
<p><1> Calentar la lámina de acero a 880° C y mantener la temperatura durante 5 segundos, seguido por enfriamiento por aire hasta 700° C. <2> Mantener la temperatura a 900° C durante 1 minuto.</p>											

[Aplicabilidad industrial]

Se proporcionan una lámina de acero para un elemento de estampación en caliente capaz de reducir una deflexión que se produce fácilmente cuando se fabrica un componente largo mediante estampado en caliente; y un método de producción del mismo.

5

[Descripción de números de referencia y signos]

11: PIEZA EN BRUTO (LÁMINA DE ACERO)

12: FORMA DE ACERO

21: PLACA DE SUPERFICIE

10

31a: MATRIZ SUPERIOR

31b: MATRIZ INFERIOR

32: PIEZA EN BRUTO (LÁMINA DE ACERO)

L: LONGITUD

W: ANCHO

15

d: DEFLEXIÓN

REIVINDICACIONES

- 5 1. Una lámina de acero para un elemento de estampación en caliente, consistiendo la lámina de acero, como una composición química, en:
- 10 0,10% en masa a 0,35% en masa de C;
0,01% en masa a 1,0% en masa de Si;
0,3% en masa a 2,3% en masa de Mn;
0,01% en masa a 0,5% en masa de Al;
limitada a 0,03% en masa o menos de P;
limitada a 0,02% en masa o menos de S;
limitada a 0,1% en masa o menos de N; y
opcionalmente uno o más seleccionados del grupo que consiste en
- 15 0,01% en masa a 2,0% en masa de Cr;
0,001% en masa a 0,5% en masa de Ti;
0,001% en masa a 0,5% en masa de Nb;
0,0005% en masa a 0,01% en masa de B;
0,01% en masa a 1,0% en masa de Mo;
0,01% en masa a 0,5% en masa de W;
20 0,01% en masa a 0,5% en masa de V;
0,01% en masa a 1,0% en masa de Cu;
0,01% en masa a 5,0% en masa de Ni; y
un resto que consiste en Fe e impurezas inevitables,
25 en la que una desviación estándar de los diámetros de carburos de hierro que están contenidos en una región desde una superficie a una posición a 1/4 de espesor de la lámina de acero es menor de o igual a 0,8 μm .
- 30 2. La lámina de acero para un elemento de estampación en caliente según la reivindicación 1, en la que la composición química también contiene uno o más seleccionados del grupo que consiste en
0,01% en masa a 2,0% en masa de Cr;
0,001% en masa a 0,5% en masa de Ti;
0,001% en masa a 0,5% en masa de Nb;
0,0005% en masa a 0,01% en masa de B;
0,01% en masa a 1,0% en masa de Mo;
0,01% en masa a 0,5% en masa de W;
35 0,01% en masa a 0,5% en masa de V;
0,01% en masa a 1,0% en masa de Cu; y
0,01% en masa a 5,0% en masa de Ni.
- 40 3. La lámina de acero para un elemento de estampación en caliente según la reivindicación 1 ó 2, en la que una capa de revestimiento de Al que tiene un espesor de revestimiento de 50 μm o menos se forma en la superficie.
- 45 4. La lámina de acero para un elemento de estampación en caliente según la reivindicación 1 ó 2, en la que una capa de revestimiento de Zn que tiene un espesor de revestimiento de 30 μm o menos se forma en la superficie.
- 50 5. La lámina de acero para un elemento de estampación en caliente según la reivindicación 1 ó 2, en la que una Capa de aleación de Zn-Fe que tiene un espesor de revestimiento de 45 μm o menos se forma en la superficie.
- 55 6. Un método de producción de una lámina de acero para un elemento de estampación en caliente según la reivindicación 1, comprendiendo el método: realizar un proceso de recocido con recristalización en que una lámina de acero laminada en frío se calienta de modo que un cambio d/dt ($\Delta T/\Delta t$) [$^{\circ}\text{C/s}^2$] en una velocidad de aumento de una temperatura de la lámina de acero de 300 $^{\circ}\text{C}$ a una temperatura máxima S cumple la siguiente expresión 1 y de modo que la temperatura máxima S es de 720 $^{\circ}\text{C}$ a 820 $^{\circ}\text{C}$, en el que:
- 60 T representa la temperatura de la lámina de acero ($^{\circ}\text{C}$), t representa tiempo (segundos), y $\Delta T/\Delta t$ representa la velocidad de aumento ($^{\circ}\text{C/s}$) de la temperatura de la lámina de acero para un tiempo ΔT (segundos) durante el calentamiento del proceso de recocido con recristalización; y
la lámina de acero laminada en frío consiste, como una composición química, en
- 65 0,10% en masa a 0,35% en masa de C;
0,01% en masa a 1,0% en masa de Si;
0,3% en masa a 2,3% en masa de Mn;
0,01% en masa a 0,5% en masa de Al;
limitada a 0,03% en masa o menos de P;
limitada a 0,02% en masa o menos de S;

- limitada a 0,1% en masa o menos de N; y
 opcionalmente uno o más seleccionados del grupo que consiste en
 0,01% en masa a 2,0% en masa de Cr;
 0,001% en masa a 0,5% en masa de Ti;
 0,001% en masa a 0,5% en masa de Nb;
 0,0005% en masa a 0,01% en masa de B;
 0,01% en masa a 1,0% en masa de Mo;
 0,01% en masa a 0,5% en masa de W;
 0,01% en masa a 0,5% en masa de V;
 0,01% en masa a 1,0% en masa de Cu;
 0,01% en masa a 5,0% en masa de Ni; y
 un resto que consiste en Fe e impurezas inevitables; y
 en la que el cambio d/dt ($\Delta T/\Delta t$) es dos veces un coeficiente de una variable de segundo grado cuando se lee
 una temperatura en un intervalo de tiempo de 10 segundos o menor desde un historial de temperatura
 durante el calentamiento del proceso de recocido de recristalización y luego se determina una curva de
 aproximación polinómica del segundo grado de manera que un coeficiente de determinación R^2 sea mayor
 que o igual a 0,99;
- $-0,20 \leq d/dt (\Delta T/\Delta t) < 0$ (Expresión 1).
7. El método de producción de una lámina de acero para un elemento de estampación en caliente según la
 reivindicación 6, en el que la composición química además contiene uno o más seleccionado del grupo que consiste en
 0,01% en masa a 2,0% en masa de Cr;
 0,001% en masa a 0,5% en masa de Ti;
 0,001% en masa a 0,5% en masa de Nb;
 0,0005% en masa a 0,01% en masa de B;
 0,01% en masa a 1,0% en masa de Mo;
 0,01% en masa a 0,5% en masa de W;
 0,01% en masa a 0,5% en masa de V;
 0,01% en masa a 1,0% en masa de Cu; y 0,01% en masa a 5,0% en masa de Ni,
8. El método de producción de una lámina de acero para un elemento de estampación en caliente según la
 reivindicación 6 ó 7, después del proceso de recocido de recristalización, que comprende además:
 sumergir la lámina de acero laminada en frío en un baño de Al para formar una capa de revestimiento de Al
 que tiene un espesor de revestimiento de 50 μm o menos sobre una superficie de la lámina de acero laminada
 en frío.
9. El método de producción de una lámina de acero para un elemento de estampación en caliente según la
 reivindicación 6 ó 7, después del proceso de recocido de recristalización, que comprende además:
 sumergir la lámina de acero laminada en frío en un baño de Zn para formar una capa de revestimiento de Zn
 que tiene un espesor de revestimiento de 30 μm o menos sobre una superficie de la lámina de acero laminada
 en frío.
10. El método de producción de una lámina de acero para un elemento de estampación en caliente según la
 reivindicación 6 ó 7, después del proceso de recocido de recristalización, que comprende además:
 sumergir la lámina de acero laminada en frío en un baño de Zn para formar una capa de revestimiento de Zn
 sobre una superficie de la lámina de acero laminada en frío; y
 calentar la lámina de acero laminada en frío a 600° C o menos para formar una capa de aleación de Zn-Fe
 que tiene un espesor de revestimiento de 45 μm o menos sobre una superficie de la lámina de acero laminada
 en frío.

FIG. 1A

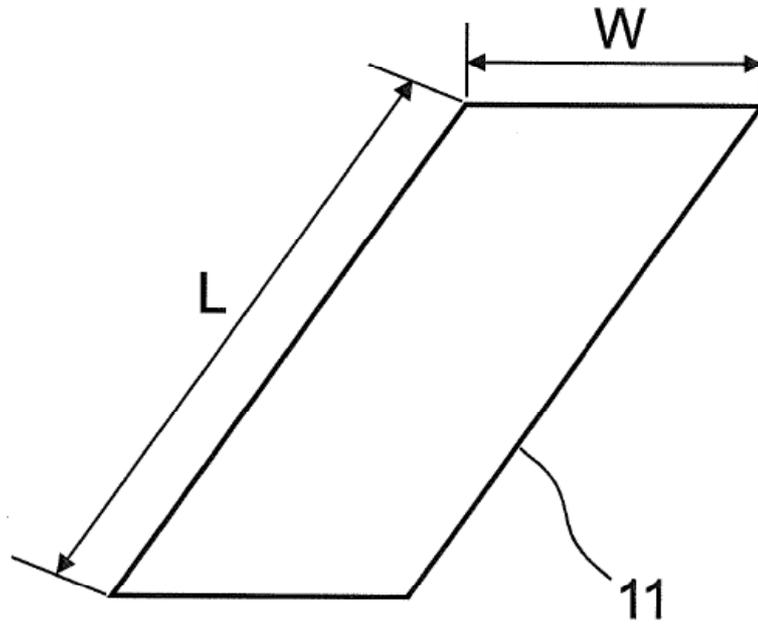


FIG. 1B

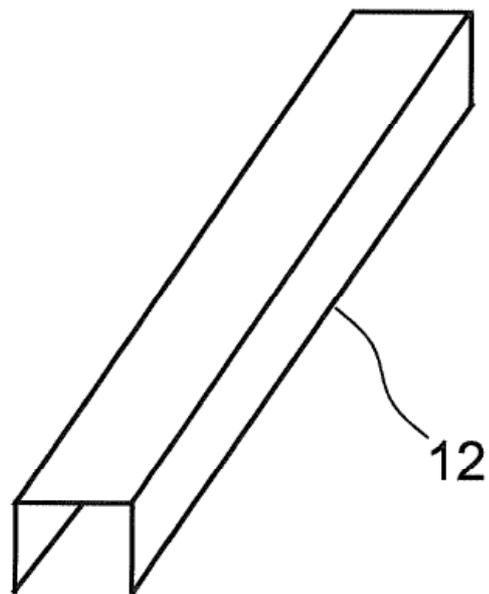


FIG. 2

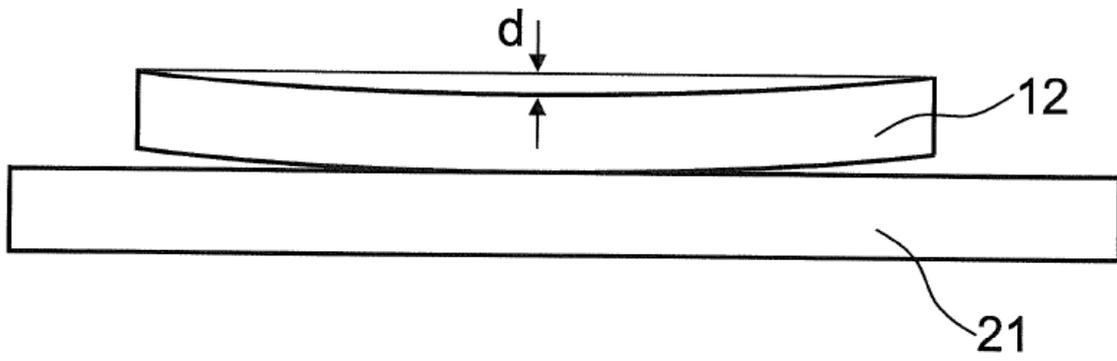


FIG. 3

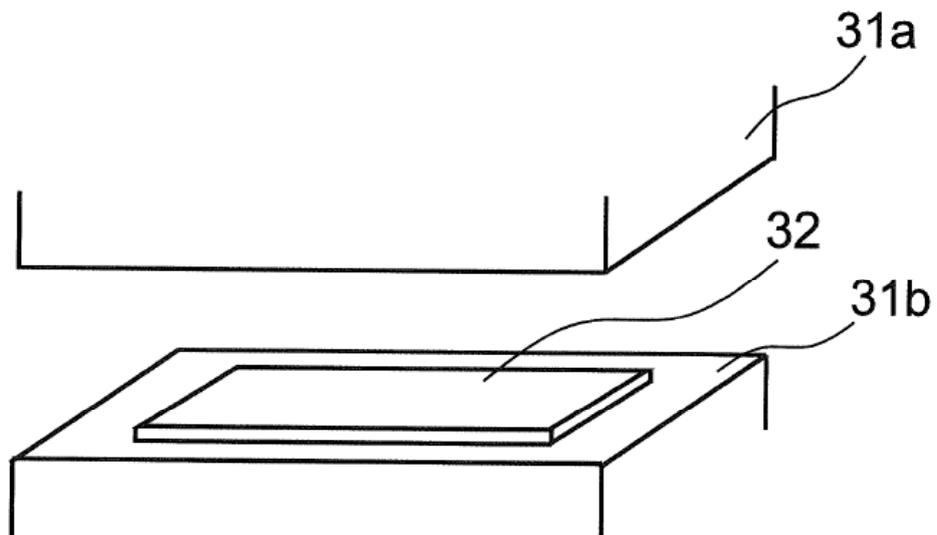


FIG. 4

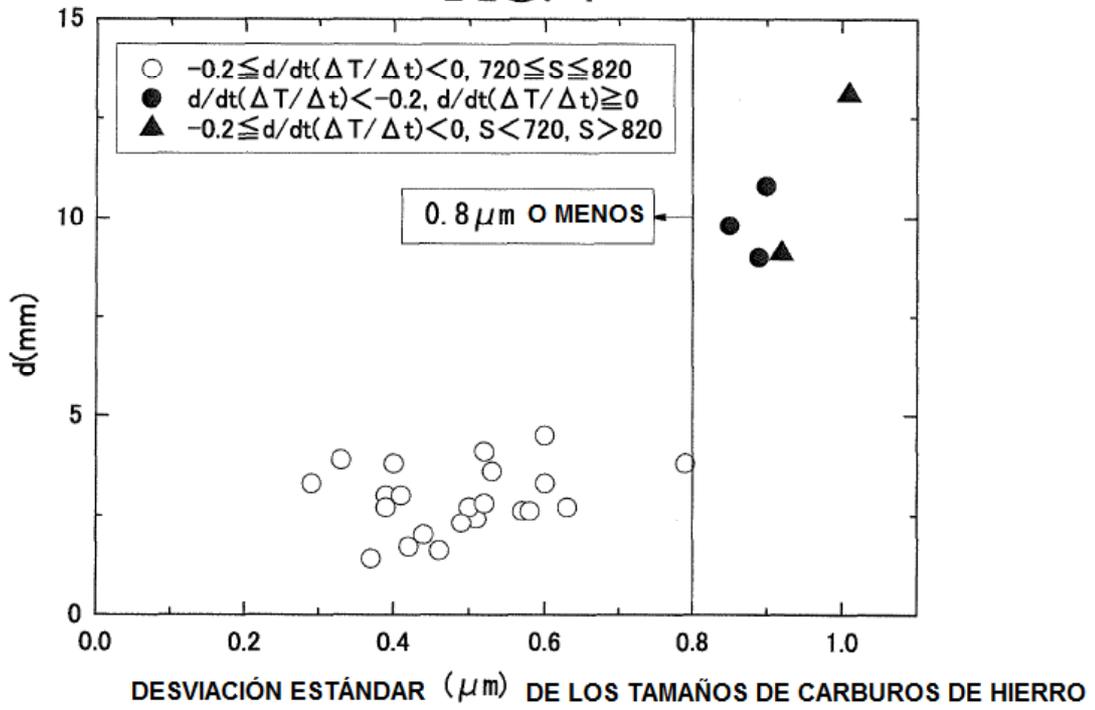


FIG. 5

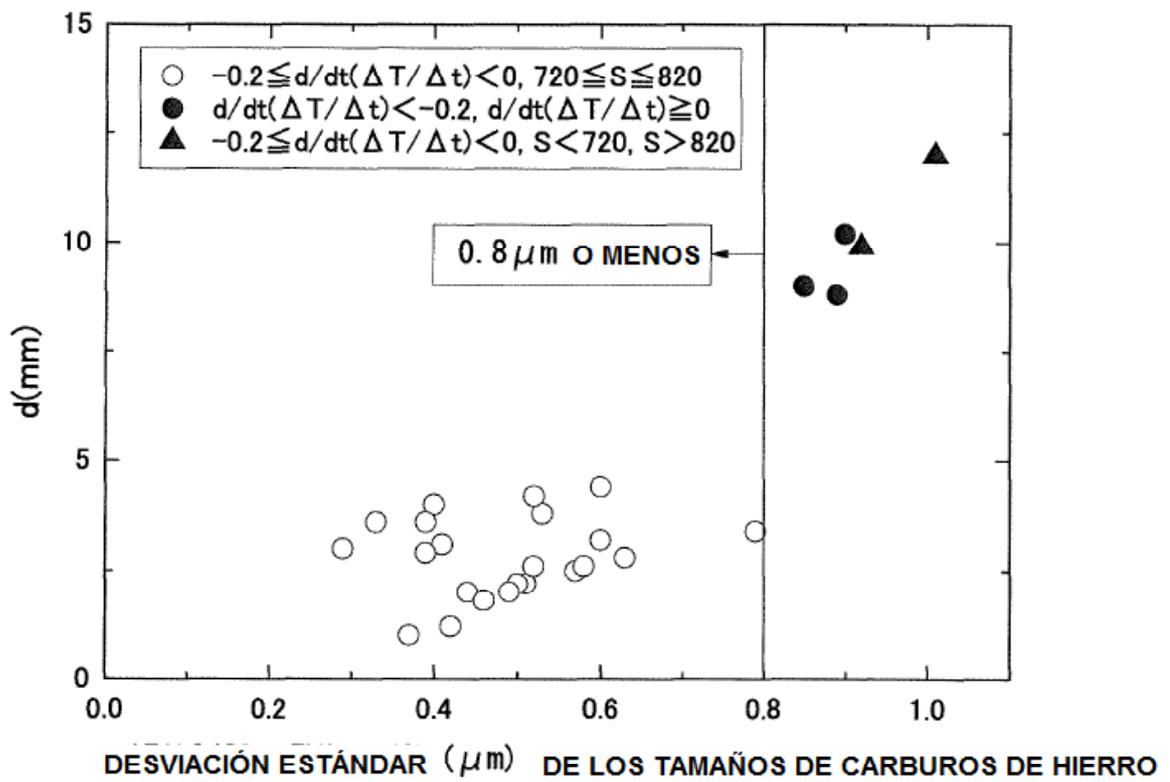


FIG. 6

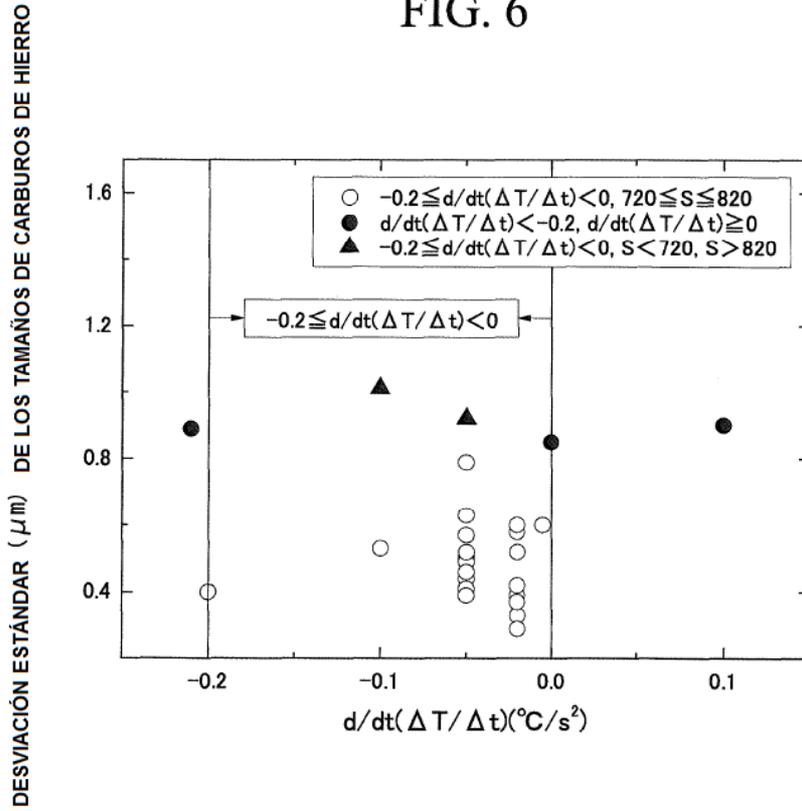


FIG. 7

