

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 578 359**

51 Int. Cl.:

B21D 22/20 (2006.01)
C21D 1/18 (2006.01)
C21D 9/00 (2006.01)
C22C 38/00 (2006.01)
C22C 38/06 (2006.01)
C22C 38/58 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.03.2013 E 13768756 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.06.2016 EP 2832466**

54 Título: **Método para fabricar un elemento de acero formado en una prensa caliente y el elemento de acero formado en la prensa caliente**

30 Prioridad:

30.03.2012 JP 2012083003

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

26.07.2016

73 Titular/es:

KABUSHIKI KAISHA KOBE SEIKO SHO (KOBE STEEL, LTD.) (100.0%)
2-4, Wakinohama-Kaigandori 2-chom
Chuo-ku, Kobe-shi, Hyogo 651-8585, JP

72 Inventor/es:

YAMANO, TAKAYUKI;
JIMBO, NORIYUKI y
ASAI, TATSUYA

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 578 359 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

Método para fabricar un elemento de acero formado en una prensa caliente y el elemento de acero formado en la prensa caliente

5

Campo técnico

La invención se refiere a un método para fabricar un elemento de acero formado en una prensa caliente, y el elemento de acero formado en la prensa caliente, siendo el método un método mediante el cual una lámina de acero galvanizado (que incluye una lámina de acero revestida por galvanizado por inmersión en caliente, una lámina de acero revestida por galvanotemplado por inmersión en caliente y una lámina de acero electrogalvanizado, denominado "una preforma" a continuación en ocasiones) usado como un material en el campo de la fabricación de una lámina fina de acero como un producto formado, aplicado principalmente a la carrocería de un automóvil, se calienta hasta un punto de transformación de austenita (punto de transformación Ac3) o mayor para posteriormente trabajarlo en una prensa caliente (formación), y el método se refiere a un método para fabricar el elemento de acero formado en prensa caliente con agrietamiento intergranular debido a la fragilidad del metal líquido, bajo control, mientras presenta una alta resistencia no menor del 780 MPa, en particular.

Antecedentes de la técnica

Se han realizado avances para obtener una mayor resistencia con respecto a los componentes de acero del automóvil (uso de un acero de mayor resistencia a tracción) para conseguir compatibilidad de seguridad en una colisión y reducción de peso. Mientras tanto, en el momento del estampado en frío del acero de alta resistencia a tracción, existe un problema tal como un aumento en la carga de formación, deterioro en la precisión del tamaño y similares.

Se ha conocido una tecnología de formación en prensa caliente como medio para resolver el problema, siendo la tecnología para su uso en la formación en prensa de una lámina de acero como un material, en un estado tal cual se calienta, para de esta manera realizar de manera simultánea la formación y la mayor resistencia. Con este método, una lámina de acero en estado de alta temperatura se mantiene en el punto muerto inferior de la formación para enfriarlo, mientras que se forma mediante el uso de una herramienta (un punzón y un troquel) para efectuar de esta manera un rápido enfriamiento por disipación de calor desde la lámina de acero hacia la herramienta y se ejecuta la inactivación del material. Puede obtenerse un producto formado (un componente de acero, o un elemento de acero) con una excelente precisión de tamaño y alta resistencia gracias a esta tecnología de formación en prensa caliente.

Adicionalmente, con un componente de acero para automóvil, a menudo se usa una lámina de acero con revestimiento de cinc aplicado a la misma desde el punto de vista de resistencia a la corrosión. Sin embargo, en el caso de que la formación en prensa caliente, tal como en el documento EP 1 642 991 A1, se aplique a una lámina de acero galvanizado, ocurre el agrietamiento intergranular en el producto formado, debido a la fragilidad del metal líquido (en lo sucesivo en este documento denominada simplemente LME en ocasiones), y el agrietamiento supone un problema fundamental en la utilización práctica.

Como medio para resolver la LME, ha habido una tecnología mediante la cual se optimiza tanto el revestimiento como la composición de un material, y una lámina de acero galvanizado se inactiva antes de que se ejecute la formación en prensa caliente, como se describe, por ejemplo, en la bibliografía de patente 1.

Lista de Citas

Bibliografía de Patente

50

Bibliografía de patente 1: Publicación de solicitud de patente no examinada japonesa n.º 2007-182608

Sumario de la invención

Problema técnico

Desafortunadamente, si se realiza un intento para resolver el problema de LME en una condición de formación tal que la inactivación se ejecute antes de la formación en prensa, como se describe en el documento de patente 1, esto dará como resultado la aparición de desventajas que incluyen (1) la necesidad de un aparato de inactivación requerido en las instalaciones de formación, y (2) un aumento en el riesgo de fomentar un aumento en la carga de formación, y deterioro en la capacidad de formación (aparición de grietas) debido a que la temperatura de inicio de la formación se reduce, de manera que una porción del producto formado, por debajo de un punto Ms en las proximidades de 400 °C, podrá aparecer en mitad de la formación. La figura 1 es una vista que muestra un aumento en la carga de formación descrita como en el caso anterior, que es un gráfico que muestra una relación entre una temperatura de perforación en el momento de perforar una lámina de acero y una carga de cizalla (CL en la figura 1 significa una holgura, indicando una proporción (%) de la misma si un espesor de la lámina se define como 100 %).

Adicionalmente, la carga de formación se evalúa en base a la carga de cizalla indicada en el eje vertical en la figura 1.

Adicionalmente, la figura 2 (b) muestra una relación entre una temperatura de inicio de la formación y una altura de formación máxima $H_{m\acute{a}x}$, en un momento en el que la formación en prensa caliente de la lámina de acero galvanizado se ejecuta mediante el uso de un método mostrado en la figura 2 (a). En la figura 2 (a), el signo de referencia 1 indica un punzón hemi-esférico, 2 un troquel, 3 un soporte de preforma y 4 una preforma, respectivamente. Adicionalmente, un pasaje capaz de permitir que un medio de enfriamiento (por ejemplo, agua) pase a través del mismo se forma dentro del punzón hemi-esférico 1, y el troquel 2, respectivamente, de manera que estos elementos se enfrían mediante el medio de enfriamiento que pasa a través de los pasajes respectivos. La altura de formación máxima $H_{m\acute{a}x}$ en la figura 2 (b) indica una altura de formación a la cual ha ocurrido un agrietamiento (una fractura penetrante en la dirección del espesor de una lámina) en el momento de la formación.

Si la temperatura en la mitad de la formación está por debajo del punto M_s en las proximidades de 400 °C, como se muestra en la figura 1 y la figura 2 (b), respectivamente, esto provocará el problema de que la carga de formación aumenta bruscamente y la capacidad de formación (la altura de formación máxima $H_{m\acute{a}x}$) se deteriora bruscamente. En el caso de formar una lámina de acero galvanizado en una forma compleja, en particular, habrá un aumento en el tiempo de contacto entre la lámina de acero galvanizado como el material y la herramienta, y la temperatura de la lámina de acero galvanizado podrá disminuir, de manera que el riesgo de aumento de la carga de formación y el agrietamiento aumentarán adicionalmente.

La presente invención se ha desarrollado con vista a las circunstancias descritas anteriormente y, por lo tanto, es un objeto de la invención proporcionar un método para aplicar formación en prensa caliente a una lámina de acero galvanizado para fabricar un elemento de acero formado en prensa caliente, estableciendo de esta manera el método capaz de reducir la LME sin provocar un aumento en la carga de formación, así como un deterioro en la capacidad de formación (aparición de grietas).

Solución al problema

Se proporciona un método para fabricar el elemento de acero formado en prensa caliente, que ha tenido éxito para conseguir el objeto descrito anteriormente, incluyendo el método que se da en las reivindicaciones una etapa de uso de una lámina de acero galvanizado, una lámina base del mismo, que tiene una composición química que incluye C: no menos del 0,10 % (% en masa, esto mismo se aplica a un componente químico en lo sucesivo en este documento), no más del 0,35 %, Mn: no menos del 1,0 %, no más del 3,5 %, Si: no menos del 0,1 %, no más del 2,5 %, y Al: no más del 0,5 % (sin incluir el 0 %), siendo el resto hierro e impurezas inevitables, una etapa de calentamiento para calentar la lámina de acero galvanizado a no menos que un punto de transformación Ac_3 y una etapa de formación en prensa caliente para ejecutar la formación en prensa caliente, al menos dos veces después de la etapa de calentamiento. Adicionalmente, cada formación en prensa caliente en la etapa de formación en prensa caliente se ejecuta de tal manera que satisface la siguiente expresión (1).
[fórmula 1]

$$\frac{R}{t} > \sqrt{a \cdot (T - b)} \quad \dots (1)$$

donde "R" es un radio de curvatura (mm) de un soporte de una herramienta usada en la formación en prensa caliente, "t" es un espesor (mm) de la lámina de acero galvanizado, "T" es una temperatura de inicio de la formación (°C) de la formación en prensa caliente, "a" es una constante 0,2984 y "b" es una constante 590.

Un radio de curvatura del soporte de una herramienta para su uso en la formación en prensa caliente preferentemente es menor que el de una herramienta usada en una formación en prensa caliente ejecutada antes de la formación en prensa caliente pertinente.

Para la lámina de acero galvanizado, se usa preferentemente una lámina de acero galvanizado, incluyendo el acero base de la misma un contenido de Si no menor del 0,5 %, porque puede obtenerse un elemento de acero con una resistencia mucho mayor.

Para la lámina de acero galvanizado, puede usarse una lámina de acero galvanizado, conteniendo adicionalmente la lámina de acero del mismo, como otros elementos, los siguientes:

- (a) B: no más del 0,005 % (sin incluir el 0 %),
- (b) Ti y/o Nb: no más del 0,10 %, en total (sin incluir el 0 %),
- (c) Ni y/o Cu: no más del 0,5 %, en total (sin incluir el 0 %), y
- (d) Cr y/o Mo: no más del 3,5 %, en total (sin incluir el 0 %).

Efectos ventajosos de la invención

En el momento de aplicar la formación en prensa caliente de acuerdo con la invención a una lámina de acero galvanizado, la forma de una herramienta usada en la formación en prensa caliente, el espesor de la lámina de acero galvanizado y la temperatura de inicio de la formación de la formación en prensa caliente se controlan todas para satisfacer la expresión (1) prescrita, de manera que pueda reducirse la LME y pueda evitarse el agrietamiento de la lámina de acero galvanizado.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 es un gráfico que muestra una relación entre una temperatura de perforación en el momento de perforar una lámina de acero galvanizado y una carga de cizalla.

La figura 2 (a) es una vista que muestra geometrías de formación en prensa caliente y la figura 2 (b) es un gráfico que muestra una relación entre una temperatura de inicio de la formación y una altura de formación máxima $H_{máx}$, en el momento cuando se aplica la formación en prensa caliente a una lámina de acero galvanizado.

La figura 3 es una vista para ilustrar un codo en L formado de una lámina de acero.

La figura 4 es una vista que muestra la presencia o ausencia de aparición de LME en el momento de cambiar la temperatura de inicio de la formación y el radio de curvatura R del codo de una herramienta.

La figura 5 es una vista que muestra la presencia o ausencia de aparición de LME en el momento de cambiar una temperatura de inicio de la formación y una deformación en la capa superficial.

La figura 6 (a) es una vista que muestra ampliamente un codo en L que se forma a 90° (el radio de curvatura $R = 2,5$ mm y un ángulo de codo $\theta = 90^\circ$, con respecto al soporte de una herramienta usada en la formación en prensa caliente, y la figura 6 (b) es una vista que muestra una fotografía con respecto a las secciones transversales de una lámina de acero, en las proximidades de un codo de la misma.

La figura 7 (a) es una vista que muestra ampliamente un codo en L que se forma a 15° (el radio de curvatura $R = 2,5$ mm, y un ángulo de codo $\theta = 15^\circ$, con respecto al soporte de una herramienta usada en la formación en prensa caliente, y la figura 7 (b) es una vista que muestra una fotografía con respecto a secciones transversales de una lámina de acero en las proximidades del codo de la misma.

La figura 8 es una vista de una fotografía que muestra un ejemplo de fabricación de un producto formado con forma compleja fabricado mediante el uso de múltiples etapas de estampado en frío de acuerdo con la técnica relacionada.

La figura 9 es una vista que muestra una relación entre una temperatura de inicio de la formación y un radio de curvatura R (codo R, (rp)) del codo de una herramienta en la formación en prensa caliente de acuerdo con la invención.

La figura 10 es una vista en sección que muestra un ejemplo de un elemento de acero formado en prensa caliente (producto formado final) de acuerdo con la invención.

La figura 11 (a) es una vista en sección que muestra la forma de trabajo en el proceso después de la formación preliminar y la figura 11 (b) es una vista en sección que muestra la forma de trabajo en el proceso después de la formación final.

La figura 12 es una vista en sección que muestra los puntos de medición de dureza con respecto a un elemento de acero formado en prensa caliente de acuerdo con la presente realización.

Descripción de realizaciones

Para resolver el problema descrito anteriormente, el inventor y otros aplicaron formación de codo (formación de codo en L de 90° en una etapa, como se muestra en la figura 3) a las láminas de acero galvanizado en prensa caliente respectivas (preformas) obtenidas aplicando revestimiento GI (revestimiento por galvanizado por inmersión en caliente), o revestimiento GA (revestimiento por galvanotemplado por inmersión en caliente) a la lámina de acero base indicada por los símbolos de preforma respectivos A, B, D y E (el símbolo de preforma A indica una lámina de acero en prensa caliente común), mostrados en la Tabla 1 a continuación, tras lo cual se realizaron diversas evaluaciones con respecto a LME y se realizó una revisión intensa repetidamente. Como resultado, se determinó que no solo la temperatura de inicio de la formación, que se consideraba como la causa de aparición de LME en el pasado, sino también una cantidad de tensión añadida a la lámina de acero, en el momento de la formación, afectaba en gran medida a la LME (es decir, el radio de curvatura de un codo, asimismo, afecta en gran medida a la LME), habiendo completado de esta manera la presente invención. A continuación, se da una descripción en detalle:

Tabla 1

Signo del material (preforma)	Composición química (% en masa) del acero base de la preforma (equilibrio, Fe e impurezas inevitables)													Ac ₃ (°C)	Revestimiento	
	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Ti	B	N	O	Cu	Ni		Tipo	Peso del revestimiento
A	0,22	+	1,22	0,005	0,001	0,041	0,31	0,026	0,0015	0,0044	0,0003	-	-	GI	70g/m ²	
B	0,18	1,91	2,51	0,005	0,001	0,042	0,11	0,025	0,0025	0,0055	0,0005	0,11	0,10	GI	70 g/m ²	
C	0,18	1,68	2,21	0,005	0,001	0,035	0,12	0,021	0,0011	0,0055	0,0005	-	-	GI	70 g/m ²	
														GA	45 g/m ²	
D	0,17	1,35	2,20	0,005	0,001	0,035	-	-	-	0,0043	0,0004	-	-	GI	100 g/m ²	
E	0,21	1,20	2,5	0,011	0,005	0,041	-	0,023	0,0020	0,0043	0,0005	-	-	GA	80 g/m ²	
														GA	35 g/m ²	

* espesor de la lámina es de 1,4 mm con respecto a todas las preformas

La figura 3 es una vista que se usa para ilustrar una configuración de herramienta, y una condición de formación, en el momento de la formación del codo en L de una lámina de acero como una diana de formación. La temperatura de inicio de la formación de la condición de formación se cambió a 750 °C, 700 °C, 650 °C, 600 °C y 550 °C, respectivamente, y el radio de curvatura del soporte de una herramienta (codo R, y un radio de curvatura rp del soporte de un punzón en la figura 3), se cambió a 2,5 mm, 5,0 mm, 7,5 mm, 10 mm y 15 mm, respectivamente.

Las tablas 2 a 5, descritas a continuación, son cada una tabla que muestra la presencia o ausencia de aparición de LME en el momento de cambiar la temperatura de inicio de la formación en el radio de curvatura R (el codo R, rp) del codo de una herramienta en base a cada una de las láminas de acero galvanizado descritas anteriormente. En las tablas 2 a 5, descritas a continuación, respectivamente, el caso donde el agrietamiento intergranular ha alcanzado una profundidad no menor del 5 µm desde una capa superficial del acero base se define como la condición de aparición de LME que se indicará como "X", mientras que la condición de no aparición de LME se indica como "O". Una referencia que se usa para determinar la presencia o ausencia de aparición de LME es la misma con respecto a las tablas 7 y 8, descritas posteriormente. Adicionalmente, en las tablas 2 a 5, respectivamente, se presenta la deformación (la deformación de una capa superficial de una lámina de acero, y la deformación añadida a una porción externa del codo R de la lámina de acero, que se indica simplemente como "una deformación" en ocasiones) correspondiente al radio de curvatura (rp) del soporte de cada herramienta, también.

Tabla 2

TABLA 2
Material A (GI 70g/m²)

		Temperatura inicial de formación				
Codo R rp	Tensión capa superficial	550°C	800°C	600°C	700°C	750°C
2,5 mm	22 %	o	o	x	x	x
5,0 mm	12 %	o	o	x	x	x
7,5 mm	9 %	o	o	o	x	x
10 mm	7 %	o	o	o	o	o
15 mm	5 %	o	o	o	o	o

o: Ausencia de aparición de LME
X: Presencia de aparición de LME

Tabla 3

TABLA 3
Material B (GI 70g/m²)

		Temperatura inicial de formación				
Codo R rp	Tensión de capa superficial	550°C	600°C	650°C	700°C	750°C
2,5 mm	22 %	o	o	x	x	x
5,0 mm	12 %	o	o	x	x	x
7,5 mm	9 %	o	o	o	x	x
10 mm	7 %	o	o	o	o	o
15 mm	5 %	o	o	o	o	o

o: Ausencia de aparición de LME
X: Presencia de aparición de LME

Tabla 4

TABLA 4
Material D (GI 100g/m²)

		Temperatura inicial de formación				
Codo R rp	Tensión de capa superficial	550°C	600°C	650°C	700°C	750°C
25 mm	22 %	o	o	x	x	x
5,0 mm	12 %	o	o	o	x	x
7,5 mm	9 %	o	o	o	x	x
10 mm	7 %	o	o	o	o	-
15 mm	5 %	o	o	o	o	-

o: Ausencia de aparición de LME
X: Presencia de aparición de LME

Tabla 5

TABLA 5
Material E (GA 80g/m²)

		Temperatura inicial de formación				
Codo R rp	Tensión de capa superficial	550°C	600°C	650°C	700°C	750°C
2,5 mm	22 %	○	○	×	×	×
5,0 mm	12 %	○	○	○	×	×
7,5 mm	9 %	○	○	○	○	×
10 mm	7 %	○	○	○	○	-
15 mm	5 %	○	○	○	○	-

○: Ausencia de aparición de LME
X: Presencia de aparición de LME

5 Se encontró a partir de los resultados de las tablas 2 a 5, respectivamente, que la LME ocurría en una condición en la que la temperatura de inicio de la formación era alta, y el radio de curvatura R del codo de una herramienta era pequeño (la deformación de la capa superficial (la deformación según se añadió) de una lámina de acero es grande). Se considera que esto se debe a que, cuanto mayor es la temperatura en el momento de la formación, mayor será la fracción de fase líquida de cinc, durante el revestimiento, y mayor la deformación por tensión de una capa superficial del codo, más fácil será que el cinc en fase líquida invada un límite de grano.

La Tabla 6 se construye por superposición de los resultados respectivos de las Tablas 2 a 5, uno tras otro. En la Tabla 6, el caso donde ocurrió LME con respecto a cualquier material (preforma) (el caso de aparición de LME independientemente del material) se indica como "X", el caso de la aparición de LME (LME ocurrió dependiendo del material) se indica como "▲", y el caso de la ausencia de aparición de LME con respecto a cualquier material (LME no ocurrió independientemente del material) se indica como "O".

[TABLA 6]

		Temperatura de inicio de formación				
Codo R rp	Deformación de la capa superficial	550°C	600°C	650°C	700°C	750°C
2,5 mm	22%	○	○	×	×	×
5,0 mm	12%	○	○	▲	×	×
7,5 mm	9%	○	○	○	▲	×
10 mm	7%	○	○	○	○	○
15 mm	5%	○	○	○	○	○

x: caso de presencia de aparición de LME independientemente del material,
▲: caso de presencia de aparición de LME dependiente del material,
○: caso de ausencia de aparición de LME independientemente del material

20 La figura 4 es un gráfico preparado representando los resultados respectivos mostrados en la Tabla 6. Resulta evidente a partir de la figura 4 que una línea del límite entre una región donde ocurre la LME independientemente de un material (una preforma y una región donde la LME no ocurre independientemente del material (la preforma) puede expresarse mediante una función que usa la temperatura de inicio de la formación, el radio de curvatura del codo de una herramienta y el espesor de una lámina de acero galvanizado.

25 Más específicamente, para evitar la aparición de LME, sería suficiente con ejecutar la formación estableciendo una temperatura de inicio de la formación, un radio de curvatura del codo de una herramienta y el espesor de la lámina de acero galvanizado para satisfacer la expresión (1) de la siguiente manera:
[fórmula 2]

30

$$\frac{R}{t} > \sqrt{a \cdot (T - b)} \quad \dots (1)$$

35 Con la condición de que R indica un radio de curvatura (denominado también "codo R") del soporte (una parte del soporte, en el lado interno del codo, en particular; esto mismo se aplica más adelante) de una herramienta para su uso en la formación en prensa, t es el espesor de la lámina de una lámina de acero galvanizado, T una temperatura

de inicio de la formación en la formación en presa caliente, "a" una constante 0,2984 y "b" una constante 590. El radio de curvatura del soporte de un troquel, en el codo de una herramienta, se muestra como rd, y el radio de curvatura del soporte de un punzón se muestra como rp, en ocasiones en lo sucesivo en este documento. Adicionalmente, si T es menor que 590 °C en la expresión (1), esto significa que la LME no ocurre independientemente de R y t.

Un método para determinar la constante a y la constante b, respectivamente, se describe de la siguiente manera. En primer lugar, el inventor et al., supusieron que una línea de límite para determinar si ocurre LME o no, como se muestra en la figura 4, podría representarse mediante la expresión relacional indicando la proporción inversa entre sí (deformación de la capa superficial) y T (temperatura de inicio de la formación). Adicionalmente, puesto que esta línea de límite se acerca más y más a una línea de la temperatura de inicio de la formación: 590 °C, el inventor et al. supusieron que la línea de límite descrita como en el caso anterior puede expresarse mediante la fórmula de una proporción inversa, tal como la siguiente expresión (i). La figura 5 es una vista obtenida ajustando la figura 4 para mostrar una relación entre ε (deformación de la capa superficial) y T (temperatura de inicio de la formación) mediante el uso de datos a partir de la figura 4:

$$\epsilon \times (T - 590) = \text{-un valor dado ... (i)}$$

Después, para provocar la resolución de la expresión (i) en una aproximación a la línea de límite para determinar si ocurre LME o no, como se muestra en la Figura 5, se realizaron correcciones por ensayo y error, y como resultado se descubrió que la línea de límite podría expresarse mediante la siguiente expresión.

$$\epsilon \times (T-590)^{1/2} = 0,9153 \text{ ... (ii)}$$

Más específicamente, la región donde no ocurre la LME puede expresarse mediante la siguiente expresión (iii):

$$\epsilon \times (T-590)^{1/2} < 0,9153 \text{ ... (iii)}$$

Ahora, ε se expresa de forma general por la siguiente expresión (iv). Por lo tanto, si ε expresada por la expresión (iv) se sustituye por la expresión (iii) a modificar, se obtiene la siguiente expresión (iv):

$$\epsilon = t/(2XR) \text{ ... (iv)}$$

Con la condición de que R sea el radio de curvatura del soporte de la herramienta para su uso en la formación en prensa, y t el espesor de la lámina de acero galvanizado en la expresión (iv). [fórmula 3]

$$\frac{R}{t} > \sqrt{0,2984 \cdot (T - 590)} \text{ ... (v)}$$

Con la presente invención, se determina a partir de la expresión (v) descrita como en el caso anterior que 0,2984 es la constante a y 590 es la constante b.

Adicionalmente, si se modifica la expresión (iii), la fórmula para la determinación de LME usando la deformación E añadida a la lámina de acero galvanizado y la temperatura de inicio de la formación T puede expresarse mediante la siguiente expresión (2): [fórmula 4]

$$\epsilon < \frac{1}{2 \cdot \sqrt{a \cdot (T - b)}} \text{ ... (2)}$$

En la expresión (2), ε es la deformación de la capa superficial, T es la temperatura de inicio de la formación (°C) a es constante (0,2984) y b es constante (590).

Adicionalmente, el caso donde un ángulo de codo se desvía en gran medida de 90°, y el caso donde una deformación debida al codo, en combinación con una deformación debida a la tensión, estarán en acción, a menudo se encuentran en una operación de formación real, sin embargo, en tales casos si ε y la temperatura de inicio de la formación T en una etapa de formación se estiman mediante el uso de una simulación numérica, y se ajusta un diseño de proceso tal que satisfaga la relación de la expresión (2) descrita como en el caso anterior, esto posibilitará también que se evite la aparición de la LME. Para la simulación numérica, puede usarse un software de fin general Abaqes (fabricado por Dassault Systèmes K.K.), tras lo cual puede realizarse un cálculo acoplado de temperatura-

deformación; sin embargo, puede usarse cualquier software si el software permite realizar un cálculo acoplado de temperatura-deformación común.

5 En el caso de ejecutar la formación del codo en L a un ángulo de codo diferente, la determinación de si ocurre o no LME puede realizarse mediante el uso de la deformación ϵ en la expresión (2). Si, por ejemplo, se sustituye 700 °C como la temperatura de inicio de la formación T para la expresión (2), se mantendrá $e < 0,09$, con lo cual se estima un intervalo de la deformación añadida (la deformación de la capa superficial) sin provocar la aparición de LME como menos del 9 %.

10 Para verificar esta estimación, se realizó un experimento sobre el codo en L a un ángulo específico ($\theta = 90^\circ$, o $\theta = 15^\circ$) como se muestra en la figura 6 (a) y la figura 7 (a) respectivamente. Las condiciones experimentales, en la figura 6 (a) y en la figura 7 (a) respectivamente son las siguientes:

15 un material usado: el material (preforma) con el símbolo A, mostrado en la Tabla 1,
una temperatura de calentamiento: 930 °C,
un tiempo de calentamiento: 6 minutos, y
una temperatura de inicio de la formación: 700 °C

20 (1) Cuando el ángulo del codo era 90°

En el caso de que el ángulo de codo fuera 90°, una deformación de la lámina de acero se calculó mediante simulación numérica, con lo cual se encontró que la deformación máxima (la deformación en la capa superficial de la lámina de acero) era de aproximadamente 0,29 (29 %). Puesto que esto está por encima del 9 % descrito anteriormente, la aparición de LME puede determinarse si el ángulo de codo es de 90°. Esto coincide con el resultado (aparición de LME) del experimento, mostrado en la figura 6 (b).

(2) Cuando el ángulo del codo era 15°

30 Mientras tanto, en el caso de que el ángulo de codo fuera 15°, la deformación máxima se calculó mediante simulación numérica, con lo cual se encontró que la deformación máxima era de aproximadamente 0,06 (6 %). Puesto que esto está por debajo del 9 % descrito anteriormente, la no aparición de LME puede determinarse si el ángulo de codo es de 15°. Esto coincide con el resultado (no aparición de LME) del experimento mostrado en la figura 7 (b).

35 A propósito, un método de formación, usando tales múltiples etapas como las usadas normalmente en la formación en frío, se considera más eficaz para la prevención de LME como un medio para formar una forma compleja. La figura 8 es una vista de una fotografía que muestra un ejemplo de fabricación de un producto formado con forma compleja fabricado mediante el uso de múltiples etapas de estampado en frío de acuerdo con la técnica relacionada ("the 114th Plasticity Technology Lectures "Sheet Material Formation Basics and Application"), patrocinado por:
40 Japan Society for Technology of Plasticity (ejecución: Sheet-Material Formation Working Group), Hei 21 (2009), lunes 28 de septiembre a miércoles 30 de septiembre).

Con la presente invención, la formación en prensa caliente se ejecuta al menos dos veces en una etapa de formación en prensa caliente y cada formación en prensa caliente se ejecuta de tal manera que satisface la expresión (1) descrita anteriormente. La figura 9 es una vista que muestra una relación entre la temperatura de inicio de la formación y el radio de curvatura R (el codo R (rp)) del codo de una herramienta, en la formación en prensa caliente de acuerdo con la invención y en la figura, se ejecutan tres etapas de la formación en prensa caliente, en total. Las etapas respectivas se ejecutan en una región de no aparición de LME (con la condición de que se satisfaga la expresión (1) descrita como anteriormente) como se muestra en la figura 9, posibilitando de esta manera que se controle la LME. Como la herramienta para su uso en la formación en prensa caliente, se usa preferentemente una herramienta con un radio de curvatura más pequeño del soporte de la misma que la herramienta usada en la formación en prensa caliente ejecutada antes de la formación en prensa caliente pertinente. De acuerdo con esta realización preferida, se ejecuta una formación de múltiples etapas de manera que la deformación se hace más pequeña en una zona de alta temperatura, y la deformación se hace mayor en una zona de baja temperatura, a la vez que se controla la deformación añadida, posibilitando de esta manera que la LME se controle adicionalmente.

60 Con una técnica de formación en prensa caliente de múltiples etapas, mostrada en la figura 9, una lámina de acero se forma en primer lugar en una forma laxa y tosca para reducirse gradualmente en una forma compleja (aguda), como en el caso de una etapa de estampado en frío de múltiples etapas mostrada en la figura 8, a modo de ejemplo, de manera que no solo la LME se controla satisfactoriamente, sino que también puede conseguirse la formación de la lámina de acero en una forma más compleja.

65 Con la formación en prensa caliente de múltiples etapas de acuerdo con la presente invención, la formación en prensa en la última etapa se denomina "formación en prensa final" por conveniencia, y en el caso de ejecutar formación en prensa caliente, distinta de la formación en prensa final, ((más específicamente, en el caso de ejecutar

formación en prensa caliente que incluya n etapas, la formación en prensa caliente en una la etapa a una etapa (n-1)-ésima respectivamente) se denomina "formación preliminar" en ocasiones. La formación preliminar puede ejecutarse en una etapa o en no menos de dos etapas.

5 Con la técnica de formación en prensa caliente de múltiples etapas, la formación tendrá menor deformación a una alta temperatura cuando el revestimiento está en el estado de fase líquida, la presión de una superficie en contacto de una lámina de acero, sometiéndose la lámina de acero a la misma en el momento de la formación, puede controlarse a un estado bajo. Por consiguiente, es posible también controlar la adhesión del revestimiento a la herramienta.

10 Solo es necesario que sea suficiente para decidir la temperatura de inicio de la formación de la formación en prensa caliente según sea apropiado de acuerdo con el radio de curvatura R del codo del soporte de la herramienta usado en la formación en prensa, y el espesor t de la lámina de acero galvanizado, de tal manera que satisfaga la expresión (1) descrita anteriormente desde el punto de vista de controlar la LME en cualquiera de las múltiples etapas. La temperatura de inicio de la formación es preferentemente 400 °C o mayor desde el punto de vista de controlar un aumento en la carga de formación, así como el deterioro en la capacidad de formación.

15 La lámina de acero galvanizado se calienta a no menos que una temperatura de calentamiento: un punto de transformación Ac3 (punto Ac3) antes de la etapa de formación en prensa caliente. Si la temperatura de calentamiento es menor que el punto de transformación Ac3, se generan muchas ferritas en la microestructura de un elemento de acero, y no puede asegurarse la resistencia requerida del elemento de acero. Por otro lado, si la temperatura de calentamiento es demasiado alta, la microestructura que constituye el elemento de acero se engrosa, provocando el deterioro en la ductilidad y la flexibilidad, dando como resultado un deterioro considerable en el revestimiento de cinc, elevando de esta manera el riesgo de que el elemento de acero no pueda presentar resistencia a la corrosión durante más tiempo. Por consiguiente, el límite superior de la temperatura de calentamiento preferentemente no es mayor que (el punto Ac3 + 150) °C y más preferentemente no mayor que aproximadamente (el punto Ac3 + 100) °C. Adicionalmente, el tiempo de retención de la temperatura de calentamiento descrita como en el caso anterior preferentemente es de 10 minutos, más preferentemente 6 minutos, y aún más preferentemente 4 minutos. Y puede que no sea necesario mantenerlo a la temperatura de calentamiento descrita anteriormente.

20 Un elemento de acero obtenido por el método del fabricante de acuerdo con la invención tiene la resistencia expresada por TS no menor de 780 MPa (dureza Vickers (mencionada como Hv, más adelante), no menor del 240), más preferentemente, TS no menor de 980 MPa (Hv no menor de 300) y aún más preferentemente TS no menor de 1470 MPa (Hv no menor de 450).

25 En el caso de que se ejecute formación en prensa caliente de múltiples etapas como en el caso de la presente invención, el proceso de trabajo se enfría con aire en el momento del transporte entre las etapas y una velocidad de enfriamiento se reduce, de manera que se hace difícil asegurar la resistencia de un componente de acero después de la formación. Adicionalmente, en el caso de que no se adopte el mantenimiento en el punto muerto inferior, es asimismo difícil asegurar la resistencia del componente de acero después de la formación. Para conseguir TS no menor de 780 MPa (Hv no menor de 240), descrito como en el caso anterior, incluso en el caso de la formación en prensa caliente de múltiples etapas de acuerdo con la invención, sin mantenimiento en el punto muerto inferior, hay necesidad de ajustar los componentes químicos del acero base de una lámina de acero galvanizado para su uso en la formación en prensa caliente ((también los componentes químicos de un elemento de acero formado en prensa caliente obtenido mediante el uso de una lámina de acero galvanizado pertinente) de la siguiente manera: los componentes químicos de los elementos respectivos se describen a continuación. La composición química incluye C, no menor del 0,10 %, no mayor del 0,35 %, Mn: no menor del 1,0 %, no mayor del 3,5 %, Si: no menor del 0,1 %, no mayor del 2,5 % y Al: no mayor del 0,5 % (sin incluir el 0 %) siendo el equilibrio hierro e impurezas inevitables.

30 (La composición química del acero base de la lámina de acero galvanizado)

[C: no menor del 0,10 %, no mayor del 0,35 %]

35 La resistencia del elemento de acero depende fundamentalmente del contenido de C. Con la presente invención, hay necesidad de que el contenido de C no sea menor del 0,10 % para obtener una alta resistencia mediante el uso del método descrito como en el caso anterior (un proceso de múltiples etapas). El contenido de C preferentemente no es menor del 0,15 % y más preferentemente no menor del 0,18 %. Adicionalmente, el contenido de C no está limitado a cualquier límite superior, en particular, desde el punto de vista de asegurar la resistencia descrita como en el caso anterior, sin embargo, el límite superior del contenido de C no es mayor del 0,35 % si se tienen en cuenta las propiedades (capacidad de soldadura, tenacidad, etc.) de un elemento de acero tal cual se obtiene, distintas de la resistencia del mismo. El límite superior del contenido de C preferentemente no es mayor del 0,30 % y, más preferentemente, no mayor del 0,25 %.

65

[Mn: no menor del 1,0 %, no mayor del 3,5 %]

El Mn es un elemento que provoca la potenciación en la capacidad de endurecimiento de una lámina de acero. Adicionalmente, para obtener un elemento de acero de alta resistencia en la formación en prensa caliente en la
 5 precondición de múltiples etapas, es esencial controlar la precipitación de una fase blanda a partir de austenita, que aparece entre las etapas. El Mn es un elemento importante para controlar la precipitación de la fase blanda. Es necesario que el contenido de Mn no sea menor del 1,0 % desde estos puntos de vista. Un contenido de Mn es preferentemente no menor del 1,5 %, más preferentemente no menor del 1,8 % y aún más preferentemente no menor del 2,0 %. Sin embargo, incluso aunque el contenido de Mn esté por encima del 3,5 %, el efecto del mismo se
 10 saturará, provocando de esta manera un aumento en el coste. Por consiguiente, el contenido de Mn se ajusta para que no sea mayor del 3,5 %. El contenido de Mn preferentemente no es mayor del 3,0 % y, más preferentemente, no mayor del 2,8 %.

[Si: no menor del 0,1 %, no mayor del 2,5 %]

En el proceso de acuerdo con la presente invención en la precondición de múltiples etapas, es necesario retirar un elemento de acero formado de una herramienta, estando el elemento de acero formado en un estado donde una temperatura en la que se completa la formación es mayor que la de una formación en prensa caliente de acuerdo con la técnica relacionada (por ejemplo, enfriado a aproximadamente 100 °C dentro de una herramienta después de completarse la formación, mientras se deja la herramienta tal cual). Por esta razón, una velocidad de enfriamiento después de la retirada del elemento de acero formado de la herramienta resulta menor que en el caso del proceso de acuerdo con la técnica relacionada. El Si es un elemento que tiene el efecto de controlar el templado de la microestructura de un elemento de acero después de retirarlo en un estado a alta temperatura de la herramienta. Incluso si el enfriamiento después de la retirada del elemento de acero de la herramienta es lento en la formación en prensa caliente múltiples etapas, la resistencia del elemento de acero puede asegurarse mediante la cantidad de Si contenido en su interior. Para obtener este efecto, es necesario que un contenido de Si no sea menor del 0,1 %. Si el contenido de Si preferentemente no es menor del 0,5 %, el templado en una zona a baja temperatura, asimismo, puede controlarse y puede conseguirse TS 1180 MPa o mayor (Hv 360 o mayor). El contenido de Si es más preferentemente no menor del 1,0 % y aún más preferentemente no menor del 1,2 %. Adicionalmente incluso si se
 20 añade más Si del necesario, el efecto del mismo se saturará, provocando de esta manera el deterioro en las propiedades superficiales de una lámina de acero base, de manera que el contenido de Si se ajusta para que no sea mayor del 2,5 %. El contenido de Si preferentemente no es mayor del 2,0 % y más preferentemente no mayor del 1,5 %.

[Al: no mayor del 0,50 % (sin incluir el 0 %)]

El Al es un elemento para su uso en desoxidación, y un contenido de Al es preferentemente no menor del 0,01 %. Por otro lado, si el contenido de Al aumenta, subirá un punto Ac3 de una lámina de acero. Como resultado, surge la necesidad de elevar una temperatura de calentamiento antes de la formación en prensa y alargar el tiempo de calentamiento, provocando de esta manera un aumento en el coste de fabricación del elemento de acero debido a un aumento en la energía necesaria, y similares. Por consiguiente, el contenido de Al se ajusta a no mayor del 0,50 %. El contenido de Al es preferentemente no mayor del 0,20 %, más preferentemente no mayor del 0,10 % y aún más preferentemente no mayor del 0,050 %.

Los componentes químicos del acero base son como se ha descrito anteriormente, siendo el resto hierro e impurezas inevitables (por ejemplo, P, S, N, O, As, Sb, Sn, etc.). Cada uno de los elementos P y S, entre las impurezas inevitables, se reduce preferentemente en su contenido desde el punto de vista de asegurar la capacidad de soldadura y etc., de manera que el contenido de P no sea mayor del 0,02 % y un contenido de S no sea mayor del 0,02 %. Adicionalmente, si un contenido de N es excesivo, esto conducirá al deterioro de la tenacidad después de la
 50 formación en prensa caliente y el deterioro en la capacidad de soldadura y similares. Por consiguiente, el contenido de N preferentemente se controla para que no sea mayor del 0,01 %. Adicionalmente, un elemento O será la causa
 15 de un defecto superficial y, por lo tanto, un contenido de O se controla preferentemente para que no sea mayor del 0,001 %.

Incluso aunque se amplíe la holgura de una herramienta, el asegurar la resistencia de un producto formado puede facilitarse mediante el uso de un material de excelente capacidad de endurecimiento. Por consiguiente, la holgura de una herramienta puede relajarse en un lado más ancho, para posibilitar de esta manera que se reduzca la presión de una superficie en contacto. Adicionalmente, la aparición de LME y adhesión del revestimiento sobre la herramienta resultarán más susceptibles de controlar mediante el uso tal material como se ha descrito anteriormente.

La lámina de acero galvanizado de acuerdo con la invención puede contener adicionalmente los siguientes elementos, dentro de los intervalos respectivos, donde el acero base de la misma no interfiere con los efectos de la presente invención.

[B: no mayor del 0,005 % (sin incluir el 0 %)]

El B es un elemento para su uso en la potenciación de la capacidad de endurecimiento para evitar de esta manera la precipitación de una fase blanda que ocurre entre las etapas adyacentes de las múltiples etapas. Por consiguiente, el B es un elemento eficaz para asegurar una alta resistencia (HV: no menor de 450) en la formación en prensa caliente múltiples etapas. Para que B muestre este efecto, un contenido de B preferentemente es no menor del 0,0003 %, más preferentemente no menor del 0,0015 % o más preferentemente no menor del 0,0020 %. Por otro lado, si el contenido de B es excesivo, esto provocará una generación excesiva de BN que conduce, por lo tanto, al deterioro en la tenacidad. Por consiguiente, el contenido de B preferentemente se controla para que no sea mayor del 0,005 %. El contenido de B más preferentemente no es mayor del 0,0040 % y aún más preferentemente no mayor del 0,0035 %.

[Ti y/o Nb: no mayor del 0,10 %, en total, (sin incluir el 0 %)]

Ti y Nb tienen el efecto de hacer más fina la microestructura de un elemento de acero para de esta manera potenciar el equilibrio resistencia - ductilidad en un elemento de acero. Estos elementos tienen un contenido preferentemente no menor del 0,015 % (más preferentemente no menor del 0,020 %), en total, desde este punto de vista. Por otro lado, si el contenido total de Ti y Nb es excesivo, la resistencia de una lámina de acero base aumentará más de lo necesario para de esta manera conducir al deterioro en la vida útil con respecto a las herramientas de corte y perforación (dando como resultado un aumento del coste. Por consiguiente, el contenido total de estos elementos se ajusta a no mayor del 0,10 % (preferentemente no mayor del 0,06 % y más preferentemente no mayor del 0,04 %).

[Ni y/o Cu: no mayor del 0,5 %, en total, (sin incluir el 0 %)]

Cada uno de Ni y Cu son un elemento eficaz para potenciar la capacidad de endurecimiento de una lámina de acero, siendo también un elemento útil para potenciar la resistencia a fractura retardada de un producto formado. Para que el Ni y/o el Cu presenten tales efectos como se ha descrito, el contenido es preferentemente no menor del 0,01 % de Ni y/o Cu, en total, y más preferentemente el contenido es no menor del 0,1 % de Ni y/o Cu en total. Sin embargo, si el contenido de estos elementos es excesivo, esto será la causa de un defecto superficial que ocurre durante el momento de la fabricación de la lámina de acero. Como resultado, el deterioro en la propiedad de decapado ocurre, conduciendo de esta manera al deterioro en la productividad. Por consiguiente, el contenido de estos elementos en total preferentemente se ajusta a no mayor del 0,5 % (más preferentemente no mayor del 0,3 %).

[Cr y/o Mo: no mayor del 3,5 %, en total, (sin incluir el 0 %)]

Cada uno de Cr y Mo es un elemento eficaz para potenciar la capacidad de endurecimiento. Adicionalmente, para obtener un elemento de acero de alta resistencia, es esencial controlar la precipitación de la fase blanda a partir de austenita, que ocurre entre las etapas en la formación en prensa caliente múltiples etapas, como se ha descrito anteriormente. El Mn es un elemento que es más eficaz para controlar la precipitación de la fase blanda, sin embargo, puede obtenerse el mismo efecto con ayuda de Cr o Mo también. Por consiguiente, el contenido de estos elementos preferentemente no es menor del 0,1 %, en total, y el contenido de estos elementos, en total, es más preferentemente no menor del 0,15 %, aún más preferentemente no menor del 0,20 % y adicionalmente más preferentemente no menor del 0,25 %. Por otro lado, si una cantidad de adición de estos elementos supera el 3,5 %, el efecto de los mismos se saturará, creando de esta manera un factor para una subida del coste. Puesto que estos elementos son caros en términos de coste, es deseable la adición auxiliar de estos elementos además del Mn descrito como en el caso anterior. Por consiguiente, el contenido de estos elementos preferentemente no es mayor del 3,5 % en total, más preferentemente no mayor del 3,0 % en total y aún más preferentemente no mayor del 2,8 % en total.

(Método para fabricar una preforma)

No hay una limitación particular respecto a un método para fabricar una preforma (lámina de acero galvanizado), siempre que el acero base de la misma satisfaga la composición de componentes descrita anteriormente. Se ejecutan cada uno de colada continua, calentamiento, laminado en caliente y adicionalmente laminado en frío después del decapado mediante el uso de un método normal que irá seguido de un templado según sea necesario, obteniendo de esta manera una lámina de acero laminada en caliente y una lámina de acero laminada en frío. Además, se aplica un revestimiento (revestimiento que contiene cinc, etc.) a la lámina de acero laminada en caliente, y la lámina de acero laminada en frío, respectivamente, tras lo cual puede obtenerse una lámina de acero revestida (una lámina de acero revestida por galvanizado por inmersión en caliente (GI), etc.), y la lámina de acero revestida se somete a aleación (una lámina de acero revestida por galvano-templado por inmersión en caliente (GA), etc.).

Una temperatura de transformación (Ac3) a la cual se completa la transformación a austenita cuando el acero se calienta se expresa mediante la expresión (3) como sigue:

Punto Ac3 (°C) = 910 - 203 x √[C] - 15,2 x [Ni] + 44,7 x [Si] + 104 x [V] + 31,5 x [Mo] + 13,1 x [W] - 30x[Mn] - 11x[Cr] - 20 x [Cu] ... (3)

Con la condición de que O esté sustituido por un componente químico no contenido en el acero.

Esta solicitud reivindica la prioridad sobre la solicitud de patente japonesa N.º 2012-083003, presentada el 30 de marzo de 2012. El contenido completo de la descripción de la solicitud de patente japonesa N.º 2012-083003, presentada el 30 de marzo de 2012, se incorpora en este documento por referencia.

Realizaciones

La presente invención se describe más específicamente a continuación con referencia a las realizaciones de la invención. Sin embargo, debe indicarse que la invención obviamente no está limitada por ninguna de las realizaciones descritas a continuación y no es necesario decir que la invención puede realizarse de forma práctica añadiendo modificaciones y variaciones adecuadas a la misma sin alejarse de las enseñanzas de la invención, descrita anteriormente y en lo sucesivo en este documento, siempre y cuando las modificaciones y variaciones se incorporen en el intervalo técnico de la invención.

(Primera Realización)

Se aplicó formación en prensa caliente (formación de codo simple (formación)) a una preforma de 230 mm de longitud x 50 mm de profundidad (una lámina de acero revestido por galvanizado por inmersión en caliente obtenida sometiendo el material A en la Tabla 1 descrito anteriormente a galvanizado por inmersión en caliente) que se calentó a 930 °C durante 6 minutos, para formarlo con una forma mostrada en la figura 10. Las condiciones de formación se muestran en la Tabla 7. La preforma se formó en una forma mostrada en la figura 10 en una etapa en las condiciones 1 y 2, respectivamente, como se muestra en la Tabla 7. Adicionalmente, en las condiciones 1 y 2, respectivamente, la formación se ejecutó con el uso de una prensa de aceite hidráulico en una condición en la que el tiempo de mantenimiento en el punto muerto inferior era de 10 segundos.

Si la condición 1 ($T = 750\text{ °C}$, y t (espesor) = 1,4 mm, mostrado en la Tabla 7) se sustituye para la expresión (1), se mantiene $R > 9,7$. En otras palabras, se requiere que el radio de curvatura (rd) del soporte de un troquel, así como el radio de curvatura (rp) del soporte de un punzón esté por encima de 9,7 mm para evitar la aparición de LME en la condición 1. En contraste con esto, se hizo uso de una herramienta con $rp1 = 2,5\text{ mm}$, $rp2 = 2,5\text{ mm}$, $rd1 = 2,5\text{ mm}$ y $rd2 = 2,5\text{ mm}$, como se muestra en la figura 10 en la condición 1, es decir, la formación se ejecutó en una condición que fallaba a la hora de satisfacer la expresión (1).

Adicionalmente, si la condición 2 ($T = 600\text{ °C}$, y t (espesor) = 1,4 mm, mostrado en la Tabla 7) se sustituye para la expresión (1), se mantiene $R > 2,4$. En otras palabras, se requiere que el radio de curvatura (rd) del soporte de un troquel, así como el radio de curvatura (rp) del soporte de un punzón sea superior a 2,4 mm para evitar la aparición de LME en la condición 2. En comparación con esto, se ejecutó la formación con el uso de una herramienta de $rp1 = 2,5\text{ mm}$, $rp2 = 2,5\text{ mm}$, $rd1 = 2,5\text{ mm}$ y $rd2 = 2,5\text{ mm}$, como se muestra en la figura 10 en la condición 2, es decir, en una condición que satisface la expresión (1) (adicionalmente, una buena formación no era posible en la condición 2 porque la inactivación antes del estampado se realizó en una etapa, como se describirá posteriormente en la presente descripción).

Mientras tanto, una condición 3 representa un ejemplo en el cual la formación se ejecutó de acuerdo con un método prescrito por la presente invención. Para describirlo en detalle, se formó una preforma con una forma mostrada en la figura 10 en dos etapas de la formación preliminar a una formación principal (formación final), como se muestra en las figuras 11 (a) y 11 (b), respectivamente, con el uso de una prensa de manivela. Se adoptó un transporte manual entre las etapas. Adicionalmente, la formación se ejecutó sin mantenimiento en el punto muerto inferior. El tiempo de transporte desde el horno de calentamiento (calentamiento a 930 °C durante 6 minutos) hasta una herramienta para la formación preliminar fue de 10 segundos.

Una temperatura de inicio de la formación preliminar en la condición 3 es 750 °C. Si $T = 750\text{ °C}$ y t (espesor) = 1,4 mm se sustituye para la expresión (1), en el caso de que la temperatura de inicio de la formación T sea 750 °C, como en este caso, se mantiene $R > 9,7$. En otras palabras, un intervalo permisible para el radio de curvatura (rd) del soporte de un troquel, así como el radio de curvatura (rp) del soporte de un punzón para evitar la aparición de LME, está por encima de 9,7 mm. Para satisfacer esta condición calculada (es decir, la expresión (1)), se adoptaron $rp1 = 5\text{ mm}$ y $rd1 = 10,0\text{ mm}$ con respecto a una herramienta para su uso en la formación preliminar en la condición 3.

Adicionalmente, la temperatura T de una lámina de acero galvanizado en el momento del inicio de la formación principal (la formación final) es de 600 °C. Si $T = 600\text{ °C}$ y t (espesor) = 1,4 mm están sustituidos por la expresión (1) en el caso de que la temperatura de inicio de la formación sea 600 °C, como en este caso, se mantiene $R > 2,4$. En otras palabras, el intervalo permisible del radio de curvatura ($rd1, 2$) del soporte del troquel, así como el radio de curvatura ($rp1, 2$) del soporte del punzón para evitar la aparición de LME está por encima de 2,4 mm. Para satisfacer esta condición calculada (es decir, la expresión (1)), se adoptaron $rp1 = 2,5\text{ mm}$, $rp2 = 2,5\text{ mm}$, $rd1 = 2,5\text{ mm}$ y $rd2 = 2,5$ con respecto a la herramienta para su uso en la formación final en la condición 3.

Con la formación ejecutada en las condiciones 1 a 3, respectivamente, la presencia o ausencia de aparición de LME de la lámina de acero galvanizado se examinó como se ha descrito anteriormente. Adicionalmente, la presencia o ausencia de agrietamiento de la lámina de acero galvanizado se examinó por inspección visual. Los resultados de los exámenes se muestran en la Tabla 7.

5

Tabla 7

TABLA 7

Condición	Número de etapas	Temperatura inicial de formación	Presencia o ausencia de inactivación antes de la formación	LME				Agrietamiento
				rp1	rp2	rd1	rd2	
Condición 1	1	750°C	Ninguna (solamente transporte)	x	x	x	x	x
Condición 2	2	600°C	Sí (mediante el uso de aire)	o	o	o	o	x
Condición 3	3	Formación preliminar: 750°C Formación final: 600°C	Ninguna (solamente transporte)	o	o	o	o	o

10

Debido a que la formación se ejecutó en la condición 1 de manera que se formó una preforma en la forma mostrada en la figura 10 en una etapa, en una condición que fallaba a la hora de satisfacer la expresión (1), como se muestra en la Tabla 7, ocurrió LME y ocurrió agrietamiento en la lámina de acero galvanizado.

15

La condición 2 en la Tabla 7 simula una tecnología de acuerdo con la técnica anterior, mediante la cual se realiza la inactivación antes del estampado. Tras el inicio de la formación después de la inactivación a una velocidad de enfriamiento de 30 °C/s hasta 600 °C, como se muestra en la condición 2 en la Tabla 7, se encontró LME en un estado tal cual está controlado, sin embargo, ocurría agrietamiento en la lámina de acero galvanizado. Es decir, si la formación se ejecuta en una etapa de acuerdo con la condición 2, es evidente que ocurre agrietamiento en la lámina de acero galvanizado.

20

En contraste, si la formación en prensa caliente de múltiples etapas se ejecuta mediante un método prescrito por la presente invención, como se muestra en la condición 3 de la Tabla 7, es evidente que puede controlarse tanto la LME como el agrietamiento. Una porción de metal en exceso (hágase referencia a la figura 11 (a)), introducida en la formación preliminar, contribuye en gran medida a controlar el agrietamiento.

25

Adicionalmente, la formación se ejecutó sin mantenimiento en el punto muerto inferior en la condición 3, como se ha descrito anteriormente, con el uso de una prensa de manivela, como en el caso del estampado en frío. Si se prescinde del mantenimiento en el punto muerto inferior, la productividad en el momento de la formación puede potenciarse drásticamente.

30

Adicionalmente, a medida que aumentaba el número de productos formados en la condición 1, se observó adhesión de un revestimiento sobre una porción de la herramienta, que variaba desde el soporte de un troquel hasta la pared longitudinal del mismo. Por otro lado, se observó que la adhesión del revestimiento sobre la herramienta estaba bajo un control adecuado en el caso de la condición 3, que satisfacía los requisitos de la invención incluso aunque aumentara el número de productos formados. Se considera que esto se debe a que la formación se ejecutó con el uso de un soporte de troquel grande R (rd = 10,0) en la formación preliminar ejecutada a una alta temperatura en la condición 3, de manera que se redujo la presión de una superficie de contacto, que actuaba sobre la herramienta, en el momento de la formación. De esta manera, se encontró que la presente invención era eficaz no solo para la reducción de LME, sino también para la reducción de la adhesión del revestimiento sobre la herramienta. Si la adhesión del revestimiento sobre la herramienta se reducía, esto era ventajoso en tanto que es suficiente un mantenimiento menos frecuente de la herramienta.

35

40

(Segunda Realización)

45

Se ejecutó la formación con el uso de una diversidad de materiales, mostrados en la Tabla 8, en una condición de formación idéntica a aquella de la condición 3 mostrada en la Tabla 7. Para describirlo con detalle, la formación de múltiples etapas se ejecutó con el uso de una lámina de acero (las preformas B a E, respectivamente en la Tabla 1), teniendo una lámina de acero de la misma los componentes químicos preferibles (incluyendo un contenido de Si: no menor del 0,5 %, y contenidos prescritos de elementos seleccionados respectivos (B, Ti, Cu, Cr)), además de los

50

componentes químicos básicos de la misma)) en las condiciones 4 a 10, respectivamente. La formación se ejecutó en una condición de formación idéntica a la condición 3 mostrada en la Tabla 7, excepto que el material de una lámina de acero galvanizado en uso era diferente de aquel en la condición 3. Y la dureza del producto formado (elemento de acero) obtenido se examinó mediante el siguiente método. Más específicamente, la dureza (dureza Vickers) en una posición de una carga de 1 kgf, y 1/4 t (espesor) se midió con respecto a 5 puntos de un elemento de acero, en sección, como se muestra en la figura 12, para encontrar de esta manera un valor de dureza promedio de los 5 puntos. Los resultados de este examen se muestran en la Tabla 8.

Tabla 8

10

TABLA 8

Condición	Material	Revestimiento	Peso del revestimiento (g/m ²)	Número de etapas	Temperatura inicial de formación	Presencia o ausencia de inactivación antes de la formación	LME				Agrietamiento	Hv		
							rp1	rp2	rd1	rd2				
Condición 3	Material A	GI	70	2	Formación preliminar: 750°C Formación final: 600°C	Ninguna	○	○	○	○	○	300		
Condición 4	Material B	GI	70				○	○	○	○	○	○	○	470
Condición 5	Material B	GA	45				○	○	○	○	○	○	○	470
Condición 6	Material C	GI	70				○	○	○	○	○	○	○	460
Condición 7	Material C	GA	45				○	○	○	○	○	○	○	460
Condición 8	Material D	GI	100				○	○	○	○	○	○	○	380
Condición 9	Material E	GA	80				○	○	○	○	○	○	○	460
Condición 10	Material E	GA	35				○	○	○	○	○	○	○	460

Queda claro que se obtuvieron $H_v = 300$ y TS no menor de 980 MPa, además del control de LME, control de agrietamiento, y control de adhesión del revestimiento sobre la herramienta, bajo la condición 3, como es evidente a partir de la Tabla 8. Adicionalmente, es evidente que puede conseguirse una mayor resistencia (H_v : no menor de 380 y adicionalmente H_v no menor de 450), además del control de LME, control de agrietamiento de una lámina de

5 acero y control de adhesión del revestimiento sobre una herramienta en las condiciones 4 a 10, respectivamente, donde la composición química de un acero base se ajusta de manera que los elementos respectivos caen dentro del intervalo preferible.

De esta manera, con el uso de la lámina de acero galvanizado, los componentes químicos del acero base de la misma, que satisface los componentes químicos básicos, es posible conseguir no menos de $H_v = 300$ por adopción de la formación en prensa caliente múltiples etapas sin mantenimiento en el punto muerto inferior. Adicionalmente, con el uso de una lámina de acero galvanizado, los componentes químicos respectivos del acero base de la misma, ajustándose para que caigan dentro de un intervalo preferible, puede conseguirse una dureza no menor de $H_v = 380$ (adicionalmente, no menor de $H_v = 450$) por adopción de la formación en prensa caliente en múltiples etapas sin mantenimiento en el punto muerto inferior, de manera que puede obtenerse una alta resistencia así como

10 productividad, equivalente a aquella en el caso de la formación por estampado en frío.

Adicionalmente, se ha confirmado que si la composición química del acero base es diferente, y el tipo de revestimiento es diferente, se obtendrá un efecto sustancialmente similar como resultado aunque ocurre una ligera diferencia con respecto a la expresión (1), y si una forma formada en prensa se ajusta de acuerdo con los criterios de la expresión (1), se realizará un diseño de proceso en un lado más seguro incluso si se cambian el componente químico del acero base así como el tipo de revestimiento, como en el caso de la presente realización. Adicionalmente, con la presente realización, se muestra un ejemplo de realización donde el tiempo de calentamiento se ajustó a 6 minutos, sin embargo, se ha confirmado que el efecto ventajoso de la presente invención puede

20 obtenerse incluso en el caso de que el tiempo de calentamiento sea de 3 15 minutos o 4 minutos.

Adicionalmente, con el uso de una lámina de acero galvanizado, el acero base de la misma, que tiene una composición química preferible, como en el caso de la segunda realización, puede asegurarse una resistencia suficientemente alta incluso aunque haya una holgura entre herramientas que se ajusta para que esté en un lado más ancho. Por consiguiente, la holgura puede ajustarse al lado más ancho para de esta manera aliviar la presión de una superficie en contacto impuesta sobre una herramienta, de manera que este método será más ventajoso con respecto al control de LME y el control de adhesión sobre la herramienta.

30

Lista de símbolos de referencia

- 1: punzón hemiesférico,
- 2: troquel,
- 3: soporte de la preforma,
- 4: preforma (lámina de acero galvanizado)

35

40

REIVINDICACIONES

1. Un método para fabricar un elemento de acero formado en prensa caliente, comprendiendo el método:

- 5 una etapa de uso de una lámina de acero galvanizado, teniendo un acero base de la misma una composición química que comprende C: no menor del 0,10 % (% en masa, esto mismo se aplica a un componente químico a continuación), no mayor del 0,35 %, Mn: no menor del 1,0 %, no mayor del 3,5 %, Si: no menor del 0,1 %, no mayor del 2,5 %, Al: no mayor del 0,5 % (sin incluir el 0 %), opcionalmente B: no mayor del 0,005 % (sin incluir el 0%), opcionalmente Ti y/o Nb: no mayor del 0,10 % en total (sin incluir el 0%), opcionalmente Ni y/o Cu: no mayor del 0,5 % en total (sin incluir el 0 %), y opcionalmente Cr y/o Mo: no mayor del 3,5%, en total (sin incluir el 0 %), siendo el resto hierro e impurezas inevitables;
- 10 una etapa de calentamiento para calentar la lámina de acero galvanizado a no menos que un punto de transformación Ac3; y
- 15 una etapa de formación en prensa caliente para ejecutar la formación en prensa caliente al menos dos veces después de la etapa de calentamiento,

en el que que cada formación en prensa caliente en la etapa de formación en prensa caliente se ejecuta de tal manera que satisface la siguiente expresión (1)
[fórmula 1]

20

$$\frac{R}{t} > \sqrt{a \cdot (T - b)} \quad \dots (1)$$

donde "R" es un radio de curvatura (mm) de un soporte de una herramienta usada en la formación en prensa caliente, "t" es un espesor (mm) de la lámina de acero galvanizado, "T" es una temperatura de inicio de formación (°C) de la formación en prensa caliente, "a" es una constante 0,2984 y "b" es una constante 590.

25

2. El método para fabricar un elemento de acero formado en prensa caliente de acuerdo con la reivindicación 1, en el que un radio de curvatura del soporte de una herramienta para su uso en la formación en prensa caliente es menor que el de una herramienta usada en la formación en prensa caliente ejecutada antes de la formación en prensa caliente pertinente.

30

3. El método para fabricar un elemento de acero formado en prensa caliente de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que el acero base de la lámina de acero galvanizado comprende un contenido de Si no menor del 0,5 %.

35

4. El método para fabricar un elemento de acero formado en prensa caliente de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que la etapa de formación en prensa caliente se ejecuta sin sujetar el centro muerto del fondo.

40

5. El método para fabricar un elemento de acero formado en prensa caliente de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que el contenido de Si es no menor del 1,0 %.

6. El método para fabricar un elemento de acero formado en prensa caliente de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que el contenido de Si es no menor del 1,2 %.

FIG. 1

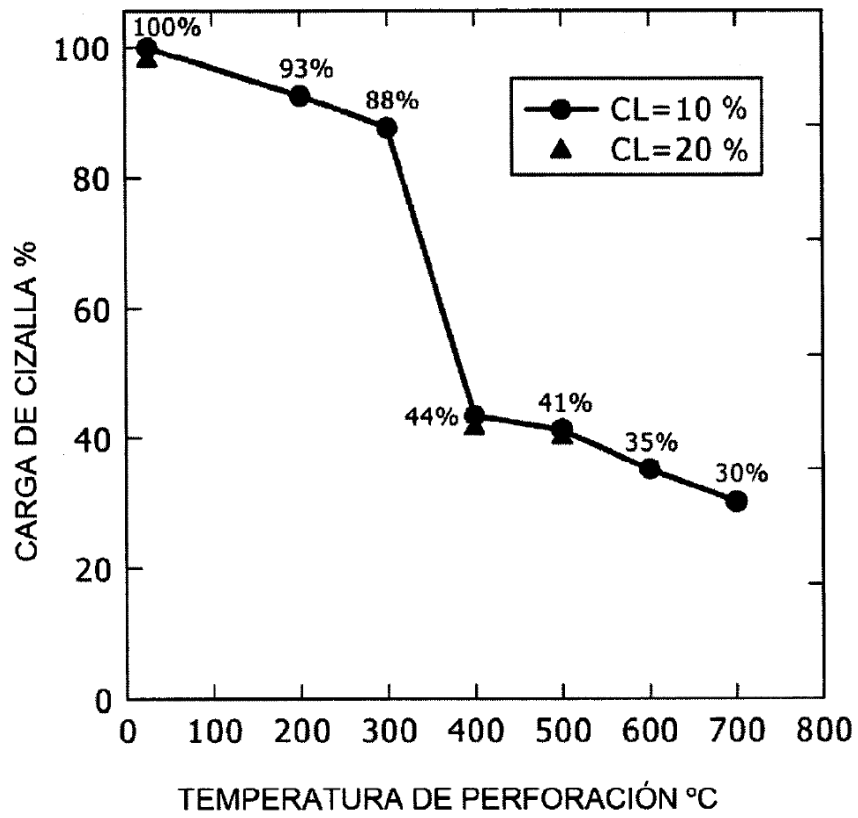


FIG. 2

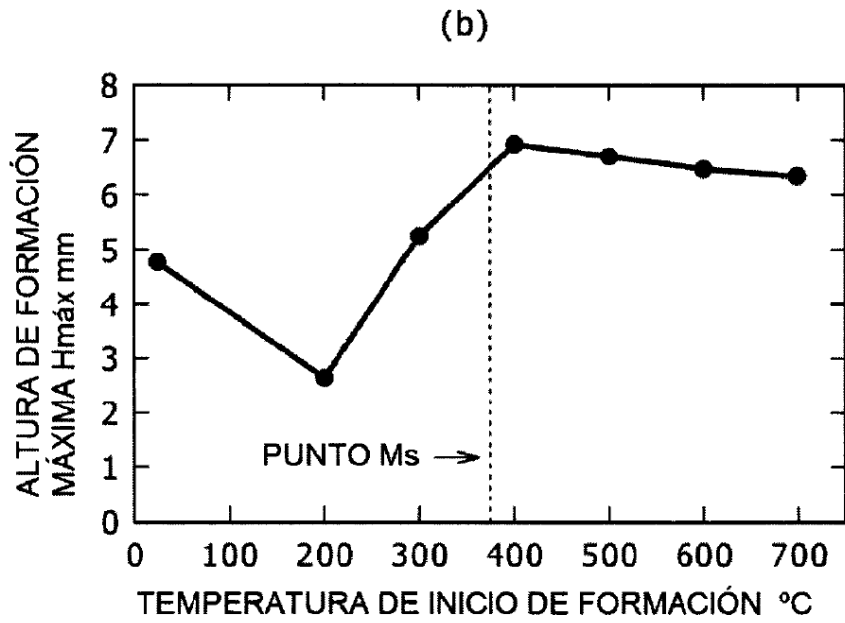
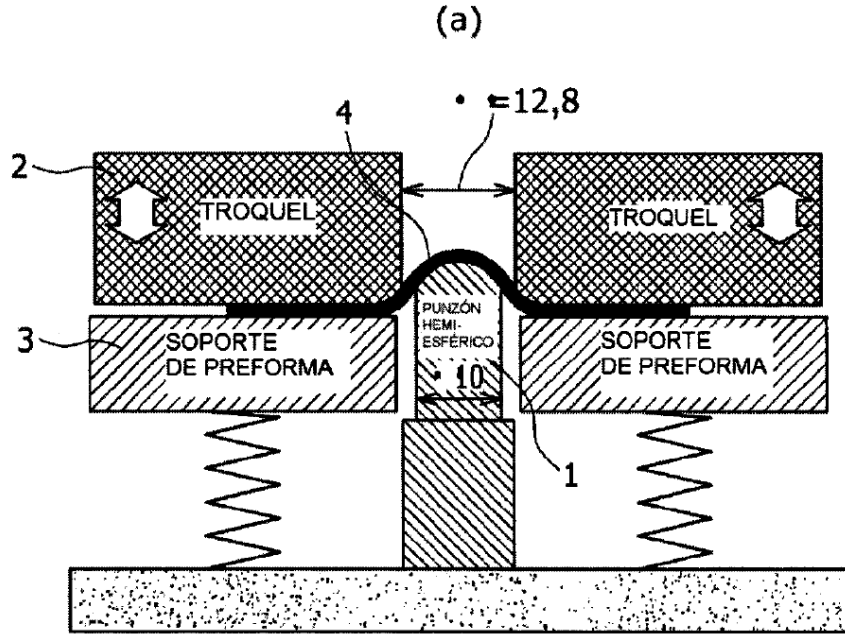
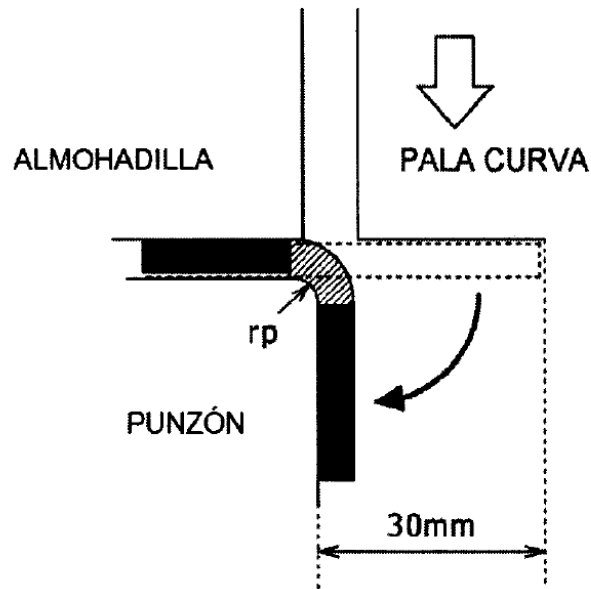


FIG. 3



TAMAÑO DE MATERIAL	: 100 mm DE LONGITUD x 50 mm DE PROFUNDIDAD
PRESION DE LA ALMOHADILLA	: 5 t
HOLGURA (DISTANCIA ENTRE EL PUNZÓN Y LA PALA CURVA)	: 1,4 mm (LA MISMA QUE EL ESPESOR DE LA LÁMINA)
CONDICIÓN DE CALENTAMIENTO	: 930 °C x 6 MIN
TEMPERATURA DE INICIO DE FORMACIÓN	: 750 °C , 700 °C , 650 °C , 600 °C , 550 °C (ENFRIAMIENTO POR AIRE FORZADO A UNA VELOCIDAD DE ENFRIAMIENTO DE 30 ° C/S HASTA EL INICIO DE LA FORMACIÓN)
CODO R (rp)	: 2,5 mm, 5,0 mm, 7, 5 mm, 10 mm Y 15 mm

FIG. 4

- × : PRESENCIA DE APARICIÓN DE LME INDEPENDIEMENTE DEL MATERIAL
- ▲ : PRESENCIA DE APARICIÓN DE LME DEPENDIENDO DEL MATERIAL
- : AUSENCIA DE LME INDEPENDIEMENTE DEL MATERIAL

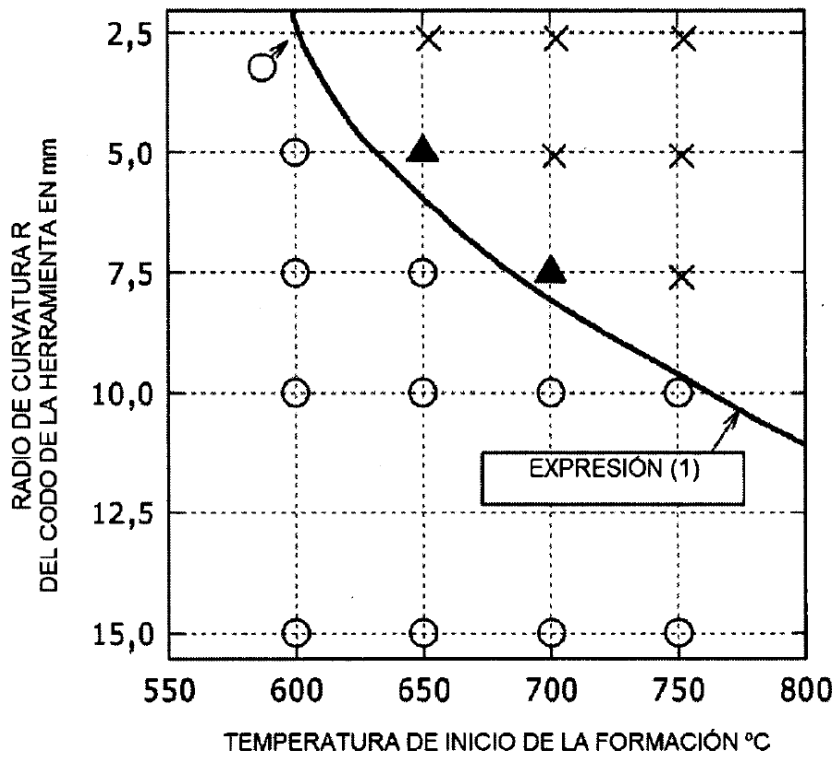


FIG. 5

- × : PRESENCIA DE APARICIÓN DE LME INDEPENDIENTEMENTE DEL MATERIAL
- ▲ : PRESENCIA DE APARICIÓN DE LME DEPENDIENDO DEL MATERIAL
- : AUSENCIA DE LME INDEPENDIENTEMENTE DEL MATERIAL

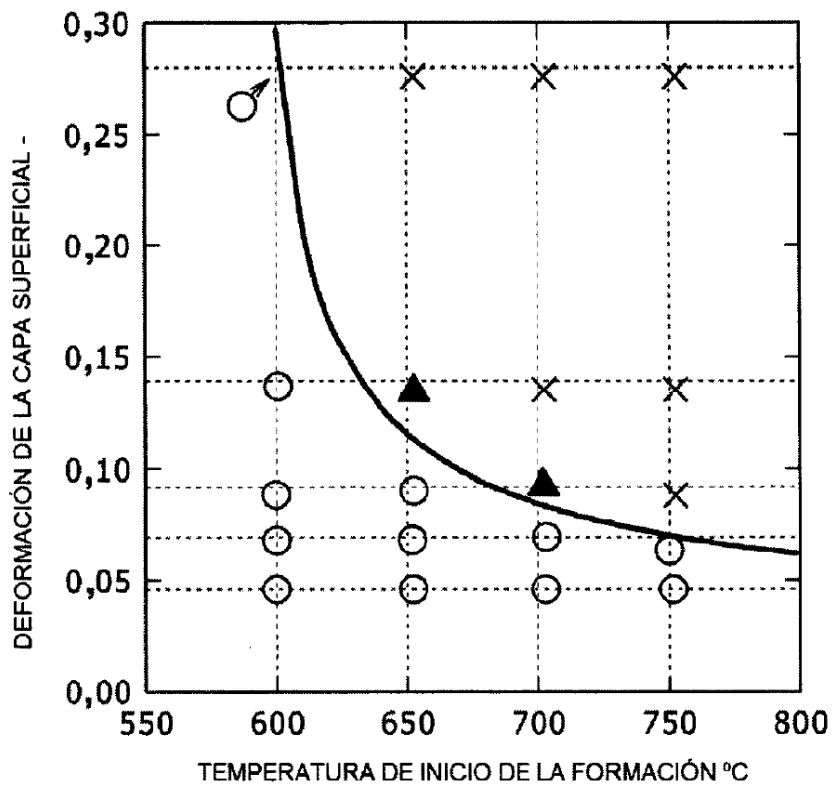
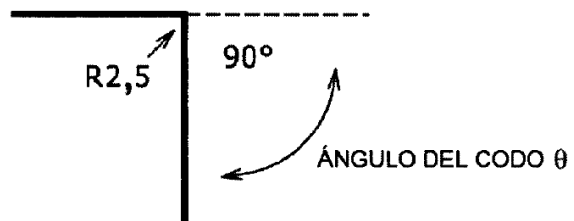


FIG. 6

(a)



(b)

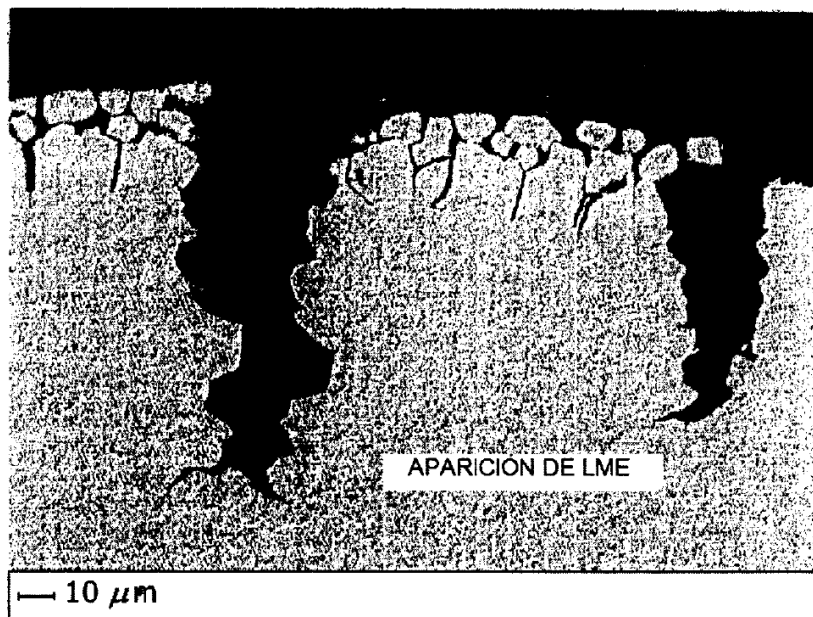


FIG. 7

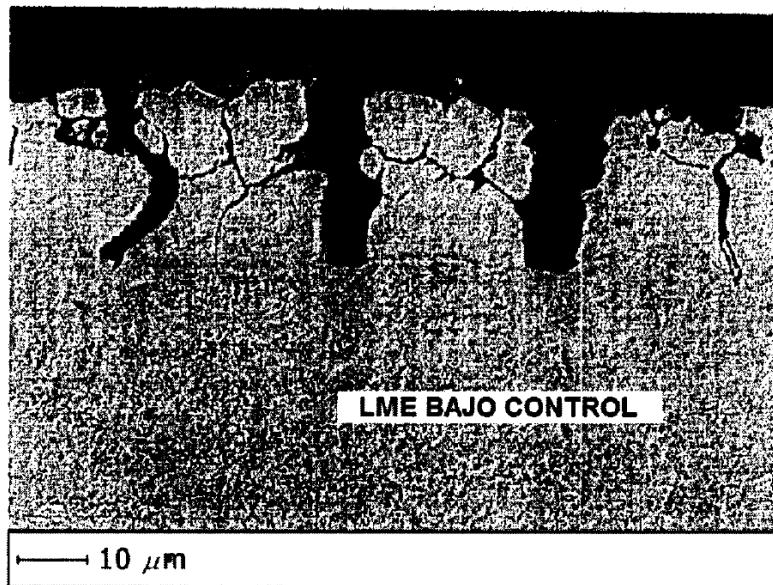
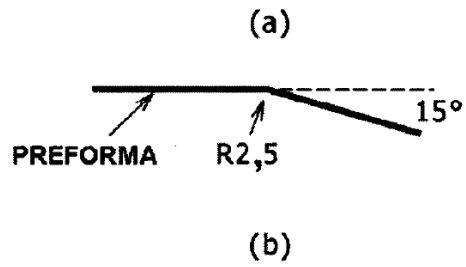


FIG. 8

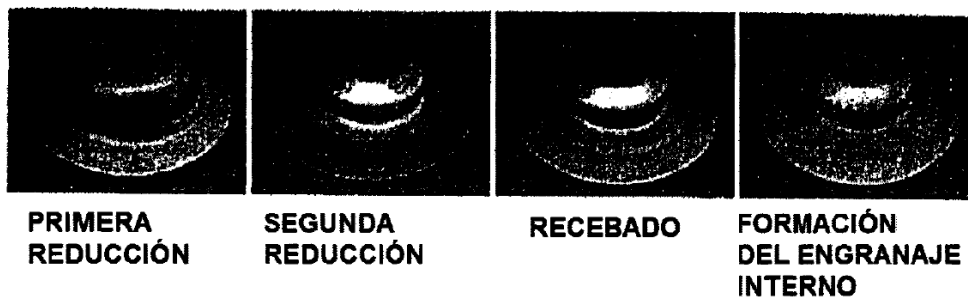


FIG. 9

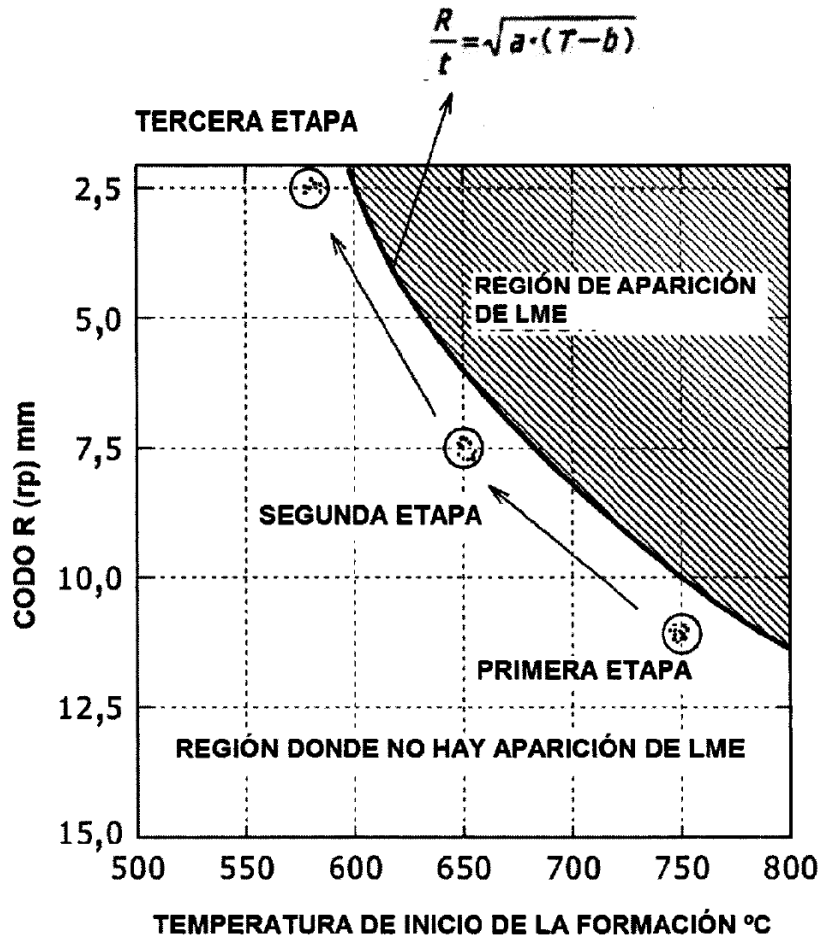


FIG. 10

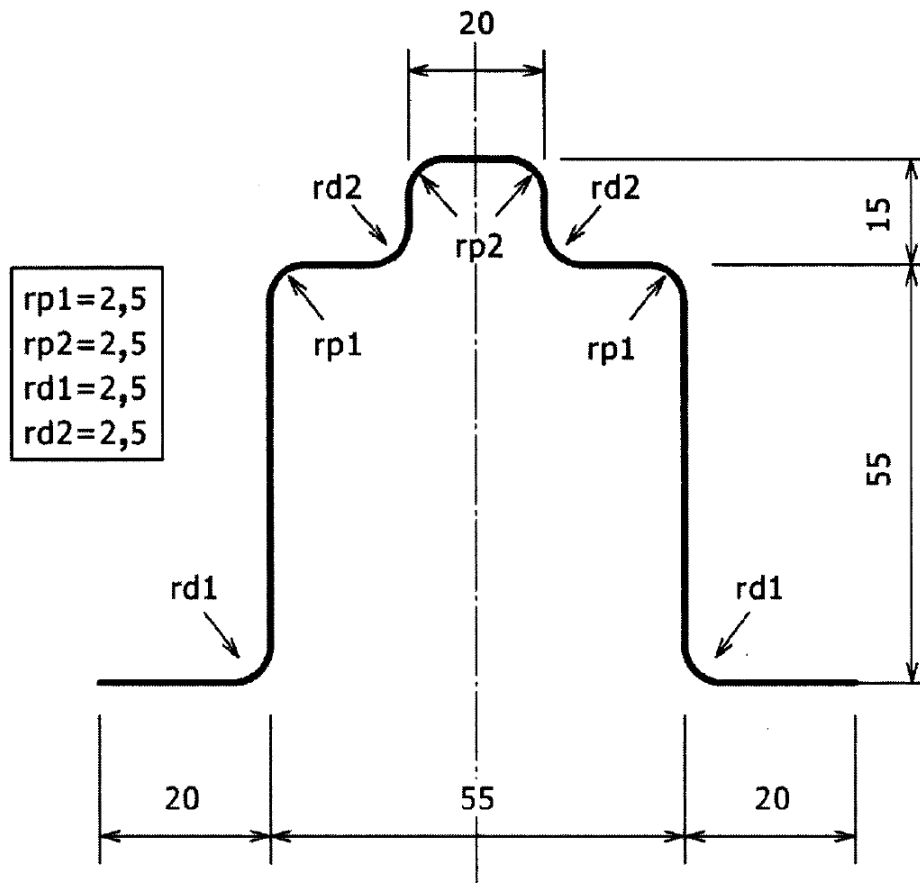
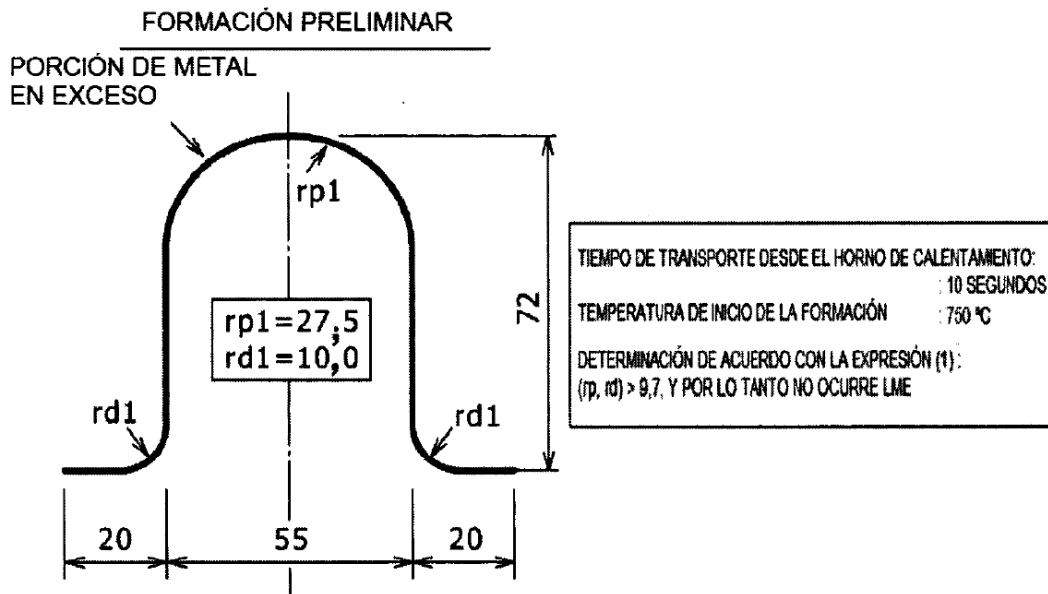


FIG. 11

(a)



(b)

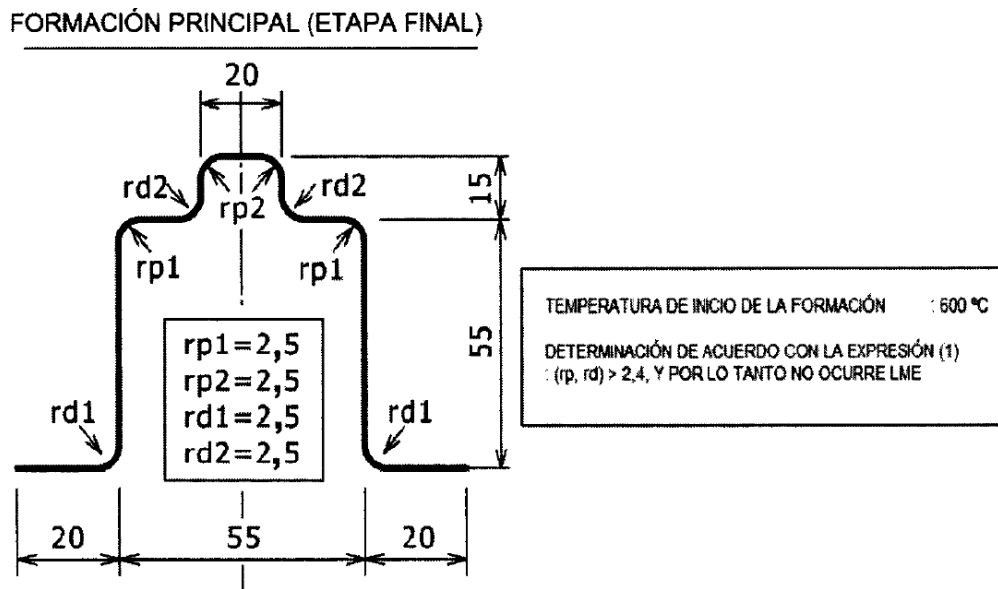


FIG. 12

