

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 632 276**

51 Int. Cl.:

B21D 53/88 (2006.01)

B21D 22/26 (2006.01)

B21D 22/21 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **16.01.2013 PCT/JP2013/050692**

87 Fecha y número de publicación internacional: **24.07.2014 WO14112056**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.01.2013 E 13871898 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.06.2017 EP 2946845**

54 Título: **Método de conformación en prensa**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
12.09.2017

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

UCHIYAMA, SHIGERU;
TANAKA, YASUHARU;
MIYAGI, TAKASHI y
OGAWA, MISAO

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 632 276 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 de conformación en prensa

Campo técnico

5 La presente invención se refiere a un método de conformación en prensa que da forma a lámina de acero de alta resistencia hasta obtener un artículo conformado final que tiene una parte doblada en una dirección longitudinal. En particular, la presente invención se refiere a un método de conformación en prensa que suprime la combadura y la torsión del artículo conformado final debidas a la tensión residual.

Técnica anterior

10 En los últimos años, desde el punto de vista del ahorro de combustible y de la mejora de la seguridad frente a la colisión en los automóviles, se ha dado en utilizar lámina de acero o aleación de aluminio de alta resistencia con una elevada resistencia a la tracción, para partes del bastidor, en particular. Un material con alta resistencia a la tracción puede mejorar el comportamiento frente a colisión sin tener que aumentar el espesor de la lámina de material, de manera que resulta de utilidad para el aligeramiento del peso.

15 Sin embargo, debido a la resistencia más elevada de los materiales, la combadura y la torsión del artículo conformado final causadas por la tensión residual en el momento de la conformación en prensa se hacen mayores, y el aseguramiento de la precisión de la forma del artículo conformado final se convierte en un problema.

20 Cuando la precisión de la forma de un artículo conformado final no puede ser asegurada, se forma un intersticio de separación con otras partes a la hora de ensamblar el artículo en un vehículo. Si la magnitud del intersticio es grande, se tienen como resultado problemas de ensamblaje. De acuerdo con ello, se demanda una estricta presión de forma para el artículo conformado final. Por otra parte, en el caso de una parte con una pequeña curvatura en una parte doblada de un artículo conformado final, es decir, cuando un radio de curvatura de una parte doblada es entre 50 mm y 2.000 mm, se demanda, en particular, una elevada precisión en la forma. La forma de la parte doblada consiste en un arco de curva con una curvatura que cambia de manera continua. Si existe una pluralidad de tales partes dobladas en el artículo conformado final, la combadura y la torsión en la dirección longitudinal del artículo conformado final, que acompañan a la tensión en un plano del artículo conformado final, son grandes. Por esta razón, resulta adicionalmente difícil garantizar la precisión del artículo conformado final.

25 Como medida general convencional para contrarrestar una escasa precisión de forma, se adopta el método consistente en utilizar prototipos del artículo conformado final o la experiencia pasada para predecir la cantidad de retroceso elástico y terminar la forma del troquel con una forma diferente de la forma del artículo conformado final, de tal manera que se satisfagan las dimensiones predeterminadas. Por otra parte, en los últimos años, antes de realizar prototipos del artículo conformado final, se han venido analizando el retroceso elástico y otros aspectos de la operación de conformación en prensa basándose en la forma final, utilizando el método de elementos finitos con el fin de realizar el troquel y, con ello, reducir el número de correcciones en el troquel a la hora de realizar los prototipos.

35 Sin embargo, con el diseño de un troquel basado en ensayo y error, se presentaba el problema de que se necesitaba un largo tiempo hasta idear una forma de un troquel que redujera suficientemente la combadura y la torsión, y hasta establecer condiciones de conformación. Por otra parte, puesto que se utiliza el ensayo y error para diseñar el troquel, el coste de las correcciones en el troquel se dispara y, por tanto, existía el problema de que la reducción del coste del artículo conformado final se veía obstaculizada.

40 Como medida para mejorar la precisión de forma del artículo conformado final, se ha divulgado la técnica de impartir un cordón al artículo conformado final con el fin de suprimir la combadura y la torsión del artículo conformado final (PLT 1 [Documento de Literatura Patente 1]). Por otra parte, se ha divulgado la técnica de utilizar las superficies de soporte de un troquel y de un soporte de pieza de partida para presionar localmente contra una pieza de partida, al objeto de conformar un cordón en la pieza de partida y, con ello, aumentar la tracción de la parte de pared vertical, a fin de asegurar la precisión de forma del artículo conformado final (PLT 2).

45 Las técnicas que se divulgan en los documentos PLT 1 y PLT 2 imparten un cordón en el artículo conformado final con el fin de mejorar la forma del producto para suprimir, con ello, el retroceso elástico. En consecuencia, las formas de los artículos conformados finales a las que estas pueden ser aplicadas son limitadas. Existe el problema de que las técnicas no son universalmente aplicables.

50 El documento PLT 3 divulga un método de conformación en prensa que mejora la precisión de forma de un artículo conformado en prensa que tiene una sección transversal en forma de sombrero, el cual comprende una parte de lámina superior, partes de pared vertical y partes de brida. El método de conformación en prensa que se describe en el documento PLT 3 conforma en prensa una lámina de metal para obtener un artículo conformado intermedio que tiene partes gradualmente estrechadas entre las partes de pared vertical y las partes de brida, y conforma en prensa, de nuevo, las partes gradualmente estrechadas y las partes de brida del producto intermedio para obtener el artículo conformado final.

Con todo, el método de conformación en prensa que se divulga en el documento PLT 3 eleva la precisión de los ángulos comprendidos entre las partes de pared vertical y las partes de brida en el artículo conformado final, y mejora la llanura de las partes de brida. No suprime, sin embargo, la combadura o la torsión del artículo conformado final, en su conjunto.

5 El documento PLT 4 divulga un método de conformación en prensa que mejora la precisión de forma de un artículo conformado final que comprende una parte de lámina superior y partes de pared vertical, y que tiene una parte doblada. El método de conformación en prensa que se describe en el documento PLT 4 dobla una lámina de metal para obtener un producto intermedio que tiene ángulos de doblamiento de la parte de lámina superior y de las partes de pared vertical que proporcionan magnitudes de doblamiento mayores que las del artículo conformado final, y la dobla entonces hacia atrás hasta obtener los ángulos de doblamiento del artículo conformado final.

10 Sin embargo, en el método de conformación en prensa del documento PLT 4, cuando la lámina de metal es una lámina de acero blando o una lámina de otro metal con una resistencia a la tracción que no es tan elevada, la combadura o la torsión del artículo conformado final puede ser suprimida, pero, cuando se trata de una lámina de acero de alta resistencia o una lámina de otro metal con una alta resistencia a la tracción, la combadura o la torsión del artículo conformado final no puede ser suprimida. Por otra parte, cuando el artículo conformado final está provisto de partes de brida y presenta una forma de sección transversal que es la forma de un sombrero, las tensiones de tracción permanecen fácilmente en la parte de brida, en el interior de la parte doblada, de manera que existe el problema de que la combadura y la torsión del artículo conformado final se hacen adicionalmente más grandes.

20 Lista de citas

Literatura Patente

PLT 1: Publicación de Patente japonesa N° 2004-25273A

PLT 2: Publicación de Patente japonesa N° 11-290951A

PLT 3: Publicación de Patente japonesa N° 2006-289480A

25 PLT 4: Publicación de Patente japonesa N° 2004-195535A

Compendio de la invención

La presente invención tiene como propósito la provisión de un método de conformación en prensa que sea capaz de reducir la combadura y la torsión de un artículo conformado final que se producen como consecuencia de las tensiones de tracción que permanecen en el interior de una parte doblada cuando se conforma en prensa una lámina de acero de alta resistencia sin la formación de un cordón en el artículo conformado final.

Solución al problema

Los presentes inventores han descubierto que, cuando se conforma en prensa una lámina de acero de alta resistencia para formar un artículo conformado final que comprende una parte de lámina superior, partes de pared vertical y partes de brida, y que tiene al menos una parte doblada con un radio de curvatura mínimo de entre 50 mm y 2.000 mm en la dirección longitudinal, es necesario lo siguiente para reducir la combadura y la torsión del artículo conformado final.

La presente invención divide la operación de conformación en prensa en:

- 1) una primer procedimiento de conformación, consistente en doblar una parte de brida por una parte de intersección, hasta que un ángulo que forma la parte de brida con una línea horizontal se hace α_1 en un plano que incluye una línea horizontal que une una parte de intersección de una parte de pared vertical y una parte de brida, y un centro de curvatura de la parte doblada, y que es vertical con respecto a la lámina de acero de alta resistencia, y
- 2) un segundo procedimiento de conformación, consistente en doblar adicionalmente la parte de brida tras el primer procedimiento de conformación, por la parte de intersección, hasta que el ángulo que forma la parte de brida con la línea horizontal se hace α_2 dentro del plano,

El hecho de que, cuando, llegados a este punto, el ángulo de doblamiento adicional β , que se expresa como $\alpha_1 - \alpha_2$, se encuentra dentro de un intervalo predeterminado, la combadura y la torsión del artículo conformado final se reducen, fue descubierto por los presentes inventores. Por otra parte, los inventores han descubierto que, incluso cuando se utiliza una lámina de acero de alta resistencia, con una resistencia a la tracción de entre 440 MPa y 4.600 MPa, en la que se produce el retroceso elástico con facilidad, haciendo que el ángulo de doblamiento adicional β se encuentre dentro de un intervalo predeterminado, la magnitud de la combadura y la magnitud de la torsión pueden hacerse de manera que tengan los mismos valores que cuando se utiliza lámina de acero con una resistencia a la tracción de menos de 440 MPa.

La presente invención se llevó a cabo basándose en el anterior descubrimiento, y alcanza el propósito anteriormente expuesto gracias a un método de acuerdo con la reivindicación 1, a saber:

5 un método de conformación en prensa destinado a conformar en prensa un artículo conformado final que comprende una parte de lámina superior, partes de pared vertical y partes de brida, y que tiene al menos una parte doblada en una dirección longitudinal,

de tal manera que el método comprende:

10 un primer procedimiento de conformación, en el que se utiliza lámina de acero de alta resistencia, con una resistencia a la tracción de entre 440 MPa y 1.600 MPa, y una parte de brida es doblada por una parte de intersección hasta que un ángulo de la parte de brida con una línea horizontal se hace α_2 en un plano que incluye una línea horizontal que une una parte de intersección de una parte de pared vertical y una parte de brida, y un centro de curvatura de la parte doblada, y que es vertical con respecto a dicha lámina de acero de alta resistencia cuando se forma la parte de lámina superior, las partes de pared vertical, la parte doblada y las partes de brida, y

15 un segundo procedimiento de conformación, en el cual la parte de brida, tras el primer procedimiento de conformación, es adicionalmente doblada por la parte de intersección hasta que el ángulo que forma la parte de brida con la línea horizontal se hace α_2 en ese plano, y

de tal manera que, si el radio de curvatura de la parte doblada, dentro de dicho plano, es R_0 (mm), la longitud de la parte de brida es «b» (mm), el valor numérico que muestra el valor permisible de deformación es ϵ_{cr} , y el módulo elástico y la resistencia a la tracción de dicha lámina de acero de alta resistencia son E (MPa) y σ_T (MPa),

20 para α_1 y α_2 , el sentido de rotación que parte de dicha línea horizontal, en la dirección en la que la parte de brida se mueve en alejamiento de la parte de lámina, se establece como positivo, y

$\alpha_1 > 0$, $\alpha_2 \geq 0$, $\alpha_1 - \alpha_2 > 0$, $R_0 = 50$ mm a 2.000 mm, y $\epsilon_{cr} = 0$ a 0,023,

$\alpha_1 - \alpha_2$, es decir, el ángulo de doblamiento adicional β , se hace de forma que esté comprendido en los siguientes intervalos:

Fórmula matemática 1

25 en la que

$$\cos^{-1} \left[\frac{b \cos \alpha_2 - \left(\frac{0,5\sigma_T}{E} + \epsilon_{cr} \right) R_0}{b \left\{ 1 - \left(\frac{0,5\sigma_T}{E} + \epsilon_{cr} \right) \right\}} \right] \leq 90^\circ ,$$

$$\cos^{-1} \left[\frac{b \cos \alpha_2 - \left(\frac{0,5\sigma_T}{E} \right) R_0}{b \left\{ 1 - \left(\frac{0,5\sigma_T}{E} \right) \right\}} \right] - \alpha_2 \leq \beta \leq \cos^{-1} \left[\frac{b \cos \alpha_2 - \left(\frac{0,5\sigma_T}{E} + \epsilon_{cr} \right) R_0}{b \left\{ 1 - \left(\frac{0,5\sigma_T}{E} + \epsilon_{cr} \right) \right\}} \right] - \alpha_2$$

y

Fórmula matemática 2

30 en la que

$$\cos^{-1} \left[\frac{b \cos \alpha_2 - \left(\frac{0,5\sigma_T}{E} + \epsilon_{cr} \right) R_0}{b \left\{ 1 - \left(\frac{0,5\sigma_T}{E} + \epsilon_{cr} \right) \right\}} \right] > 90^\circ ,$$

$$\cos^{-1} \left[\frac{b \cos \alpha_2 - \left(\frac{0,5\sigma_T}{E} \right) R_0}{b \left\{ 1 - \left(\frac{0,5\sigma_T}{E} \right) \right\}} \right] - \alpha_2 \leq \beta \leq 90^\circ - \alpha_2$$

En el método de conformación en prensa de acuerdo con una realización preferida de la invención, la parte doblada es un arco o una curva con una curvatura que cambia continuamente.

- 5 De acuerdo con una realización preferida adicional del método de acuerdo con la invención, al menos en uno de entre el primer procedimiento de conformación y el segundo procedimiento de conformación, uno de los troqueles situado de cara se divide en un mandril y un troquel de conformación parcial, de tal manera que el mandril y el otro de los troqueles situados de cara prensan la lámina de acero, y el troquel de conformación parcial y el otro de los troqueles situados de cara se utilizan para hacer que la lámina de acero se deforme plásticamente.

Efectos ventajosos de la invención

- 10 De acuerdo con la presente invención, incluso cuando se utiliza lámina de acero de alta resistencia, es posible proporcionar un artículo conformado final que comprende una parte de lámina superior, partes de pared vertical y partes de brida, y que tiene al menos una parte doblada con un radio de curvatura de entre 50 mm y 2.000 mm, en el que la combadura y la torsión son suprimidas sin necesidad de proporcionar al artículo conformado final un cordón, etc.

Breve descripción de los dibujos

- 15 La Figura 1 es una vista que muestra un ejemplo de un artículo conformado final que tiene una parte doblada.
- La Figura 2 muestra el cambio en las tensiones que se ejercen en la lámina de acero de alta resistencia cuando se aplican cargas de tracción y de compresión en la lámina de acero de alta resistencia.
- La Figura 3 es una vista que muestra un artículo conformado final que tiene dos partes dobladas.
- 20 La Figura 4 es una vista esquemática que muestra un esbozo de la forma de sección transversal de una parte que constituye una parte doblada dentro de un troquel, que se utiliza en el primer procedimiento de conformación.
- La Figura 5 es una vista esquemática que muestra un esbozo de la forma de sección transversal de una parte que constituye una parte doblada dentro de un troquel, que se utiliza en el primer procedimiento de conformación a la hora de formar un artículo conformado final con una anchura W de entre 15 mm y 30 mm.
- 25 La Figura 6 es una vista esquemática que muestra un esbozo de la forma de sección transversal de una parte que constituye una parte doblada dentro de un troquel, que se utiliza en el segundo procedimiento de conformación a la hora de formar un artículo conformado final con una anchura W de entre 15 mm y 30 mm.
- La Figura 7 es una vista que muestra la forma de un artículo conformado final que tiene una porción de parte doblada, con un radio de curvatura que cambia de manera continua dentro del intervalo entre 700 mm y 1.200 mm, y tiene una parte recta, y que se curva en la dirección longitudinal cuando se observa en una vista en planta superior.
- 30 La Figura 8 es una vista que muestra un artículo conformado final que tiene partes dobladas con radios de curvatura de 1.000 mm y 700 mm y tiene una parte recta, que combina, de manera adicional, una forma con un radio de curvatura que cambia de manera continua dentro de un intervalo entre 1.200 mm y 2.000 mm, y que se curva suavemente en la dirección longitudinal cuando se observa en una vista en planta superior.
- 35 La Figura 9 es una vista que muestra un artículo conformado final que tiene partes dobladas con radios de curvatura de 1.000 mm y 700 mm y tiene una parte recta, que combina, de manera adicional, una forma con un radio de curvatura que cambia de manera continua dentro de un intervalo entre 1.200 mm y 2.000 mm, y que se curva suavemente en la dirección longitudinal cuando se observa en una vista en planta superior. Es de apreciar que el intervalo de doblamiento adicional forma parte de la brida interior.
- 40 La Figura 10 es una vista que muestra un artículo conformado final que tiene una parte doblada con un radio de curvatura de 1.000 mm y tiene una parte recta, el cual tiene, de manera adicional, una parte doblada con un radio de curvatura de 3.000 mm y una parte recta en la dirección que se observa desde la superficie lateral, y que se curva suavemente en la dirección longitudinal cuando se observa en una vista en planta superior.
- La Figura 11 es una vista que muestra un ejemplo de un artículo conformado final que tiene una única parte doblada.
- 45 La Figura 12 es una vista que muestra el efecto del radio de curvatura R_0 (mm) de la parte doblada 10 y del ε_1 que se aplica al artículo conformado final en la combadura, la torsión y las arrugas del artículo conformado final.

La Figura 13 es una vista que explica las direcciones positiva y negativa de α_1 y α_2 .

La Figura 14 muestra el corte transversal de un artículo conformado final a lo largo de la línea I-I de la Figura 1(a) cuando $\alpha_2 + \beta$ excede de 90° .

Descripción de realizaciones

5 La Figura 1 es una vista que muestra un ejemplo de un artículo conformado final que comprende una parte de lámina superior, partes de pared vertical y partes de brida, y que tiene una parte doblada con un radio de curvatura de entre 50 mm y 2.000 mm en la dirección longitudinal. La Figura 1(a) es una vista en perspectiva, en tanto que la Figura 1(b) es una vista en corte transversal a lo largo de la línea I-I que se muestra en la Figura 1(a). En la parte (a) de la figura, el número de referencia muestra el artículo conformado final.

10 El artículo conformado final 1 comprende una parte de lamina superior 2, partes de pared vertical 3a, 3b, y partes de brida 4a, 4b. La parte de pared vertical 3a y la parte de brida 4a están en el interior de la parte doblada 10, en tanto que la parte de pared vertical 3b y la parte de brida 4b se encuentran en el exterior de la parte doblada 10. La parte de pared vertical 3a y la parte de brida 4a se cortan en una parte de intersección 5a. La parte de pared vertical 3b y la parte de brida 4b se cortan en una parte de intersección 5b.

15 La Figura 1(b) muestra una vista en corte transversal a lo largo de la línea I-I de la Figura 1(a). El corte transversal que se muestra por las líneas continuas es un corte transversal después del segundo procedimiento de conformación, es decir, del artículo conformado final 1. La posición de la parte de brida 4a después del segundo procedimiento de conformación se indica como L3. Por otra parte, el corte transversal que se muestra por las líneas discontinuas es un corte transversal de la parte de brida 4a después del primer procedimiento de conformación. La posición de la parte de brida 4a tras el primer procedimiento de conformación se ha indicado como L2.

Para una posición «r» de la parte doblada por la parte de intersección 5a, entre la parte de pared vertical 3a y la parte de brida 4a, el centro de curvatura O con respecto a la posición «r» de la parte doblada y el segmento de línea L1 que une el centro de curvatura O y la posición «r» se definen en la Figura 1(b).

25 Para el centro de curvatura O, considérese el pequeño intervalo $\Delta\theta$ alrededor del eje central de curvatura L0 de la posición «r» de la parte doblada. Se define el pequeño plano S1 que pasa por el segmento de línea L1 e incluye el pequeño intervalo $\Delta\theta$. El pequeño plano S1 forma parte de la superficie horizontal que incluye el segmento de línea L1 y el eje L0' vertical con respecto al eje central de curvatura L0. Es de apreciar que este plano horizontal se ha hecho, por conveniencia, horizontal, como plano de referencia. Estas explicaciones se proporcionarán por el corte transversal tomado a lo largo de la línea I-I en la Figura 1(a), es decir, el corte transversal que se muestra en la Figura 1(b). El corte transversal que se muestra por la Figura 1(b) es un plano que incluye una línea horizontal que une la parte de intersección 5a de la parte de pared vertical 3a y la parte de brida 4a, y el centro de curvatura O de la parte doblada 10, y que es vertical con respecto al material de lámina de acero.

30 El artículo conformado final 1 se forma como sigue: en primer lugar, para el material de lámina de acero, la parte de brida 4a es doblada por la parte de intersección 5a hasta que el ángulo de la parte de brida 4a con respecto a la línea horizontal H se hace α_1 . Se hace referencia a esta operación de doblamiento como el «primer procedimiento de conformación». A continuación, la parte de brida 4a, tras el primer procedimiento de conformación, es doblada adicionalmente por la parte de intersección 5a, hasta que el ángulo de la parte de brida con respecto a la línea horizontal H se hace α_2 . Se hace referencia a esta operación de doblamiento adicional como el «segundo procedimiento de doblamiento». Es decir, en el primer procedimiento de conformación, el material de lámina de acero es conformado hasta obtener el producto intermedio, y, a continuación, en el segundo procedimiento de conformación, la parte de brida 4a del producto intermedio es, por lo demás, doblada adicionalmente para obtener el artículo conformado final 1.

45 Después del final del primer procedimiento de conformación, permanece una tensión de tracción en la parte de pared vertical 3a y en la parte de brida 4a, por el interior de la parte doblada 10. La tensión residual de tracción llega a ser una causa de retroceso elástico. Por lo tanto, tras el primer procedimiento de conformación, se utiliza una operación de doblamiento adicional (segundo procedimiento de conformación) para deformar plásticamente la parte de intersección 5a de la parte de pared vertical 3a y la parte de brida 4a, por compresión. Como resultado de ello, la tensión residual de tracción en el momento del final del primer procedimiento de conformación se reduce, y es posible suprimir la combadura y la torsión del artículo conformado final 1.

50 En el corte transversal que se muestra en la Figura 1(b), el radio de curvatura R_0 (mm) de la parte doblada 10 se define en la parte de intersección 5a de la parte de pared vertical 3a y la parte de brida 4a, en el corte transversal. Aquí, el radio de curvatura del extremo delantero de la parte de brida 4a en el momento del final del primer procedimiento de conformación, se ha indicado como R_1 (mm). En el momento del final de la segunda operación de conformación, es decir, en el artículo conformado final, el radio de curvatura del extremo delantero de la parte de brida 4a se indica como R_2 (mm). Por otra parte, la longitud de la parte de brida 4a se ha indicado como «b» (mm). En este caso,

$$R_1 = R_0 - b \cos \alpha_1$$

$$R_2 = R_0 - b \cos \alpha_2$$

Nótese que R_0 , R_1 y R_2 se han hecho los radios de curvatura en el pequeño intervalo $\Delta\theta$. Por lo tanto, la parte doblada 10 puede hacerse como una superficie curva libre en la que la curvatura cambia de manera continua.

- 5 En este momento, la deformación ε_1 que se confiere a la parte de extremo delantero de la brida 4a se expresa como sigue:

$$\varepsilon_1 = (R_1 - R_2) / R_1 = b (\cos \alpha_2 - \cos \alpha_1) / (R_0 - b \cos \alpha_1)$$

Del ε_1 anterior, el ángulo α_1 que se forma por la parte de pared vertical 3a y la parte de brida 4a que se han formado en el primer procedimiento de conformación, se hace:

10
$$\alpha_2 = \cos^{-1} ((b \cos \alpha_2 - \varepsilon_1 R_0) / (b (1 - \varepsilon_1)))$$

Por lo tanto, el ángulo de doblamiento adicional β para cambiar de α_1 a α_2 se hace:

$$\beta = \alpha_1 - \alpha_2 = \cos^{-1} ((b \cos \alpha_2 - \varepsilon_1 R_0) / (b (1 - \varepsilon_1))) - \alpha_2 \dots (A)$$

- 15 Aquí, la deformación ε_1 que se confiere a la parte de extremo delantero de la brida 4a es $\varepsilon_1 = \sigma_T / E$ (donde σ_T es la resistencia a la tracción (MPa) de la lámina de acero y E es el módulo elástico (MPa) de la lámina de acero), si se utiliza lámina de acero con una resistencia a la tracción de menos de 440 MPa (por ejemplo, lámina de acero blando, etc.).

- 20 Sin embargo, cuando la resistencia a la tracción de la lámina de acero que se utiliza como material para la conformación en prensa es entre 440 MPa y 1.600 MPa, es decir, en el caso de lámina de acero de alta resistencia (lámina de acero de alta resistencia a la tracción), se produce el fenómeno de que ε_1 se hace más pequeño que σ_T / E .

Se explicará este fenómeno. La Figura 2 muestra el cambio en la tensión que se ejerce en la lámina de acero de alta resistencia cuando se aplica a la lámina de acero de alta resistencia, con una resistencia a la tracción de entre 440 MPa y 1.600 MPa, una carga de tracción justo por debajo de la de rotura y, a continuación, se le aplica una carga de compresión.

- 25 La lámina de acero de alta resistencia con una resistencia a la tracción de entre 440 MPa y 1.600 MPa, debido al efecto de Bauschinger, sufre de un fenómeno de fluencia temprana por el que, en el momento de la inversión de la tensión, la tensión $\Delta\sigma$ que se necesita para que la lámina de acero de alta resistencia experimente la segunda fluencia se reduce con respecto a la tensión de fluencia habitual. De acuerdo con ello, ε_1 también se reduce.

- 30 Aquí, ε_1 es la deformación de compresión que se confiere para reducir la tensión de tracción que persiste en el interior de la parte doblada 10 y provoca el retroceso elástico. El límite inferior de la deformación de compresión viene dado por $\varepsilon_1 = 0,5\sigma_T / E$. Por otra parte, el límite superior de la deformación de compresión viene dado por $\varepsilon_1 = 0,5\sigma_T / E + \varepsilon_{cr}$. Aquí, ε_{cr} es el valor permisible de la deformación para la que la parte de brida 4a del artículo conformado final 1 no se arruga. El intervalo de ε_{cr} se haya mediante experimentos y es entre 0 y 0,023. Es decir, en el artículo conformado final 1, la parte de brida 4a no se arruga cuando ε_1 se encuentra dentro del intervalo entre
35 $0,5\sigma_T / E$ y $(0,5\sigma_T / E) + \varepsilon_{cr}$. Esto mismo es cierto en el caso de utilizar el primer procedimiento de conformación para obtener el producto intermedio.

Si se convierte el intervalo de ε_1 en el intervalo del ángulo de doblamiento adicional β basándose en la fórmula anterior, el resultado se convierte en la

Fórmula matemática 3

40
$$\cos^{-1} \left[\frac{b \cos \alpha_2 - \left(\frac{0,5\sigma_T}{E} \right) R_0}{b \left\{ 1 - \left(\frac{0,5\sigma_T}{E} \right) \right\}} \right] - \alpha_2 \leq \beta \leq \cos^{-1} \left[\frac{b \cos \alpha_2 - \left(\frac{0,5\sigma_T}{E} + \varepsilon_{cr} \right) R_0}{b \left\{ 1 - \left(\frac{0,5\sigma_T}{E} + \varepsilon_{cr} \right) \right\}} \right] - \alpha_2$$

La Figura 12 es una vista preparada basándose en la anterior desigualdad, que muestra el efecto del radio de curvatura R_0 (mm) y de la deformación de compresión ε_1 de la parte doblada 10 en la combadura, la torsión y las arrugas del artículo conformado final. En la Figura 12, la Curva 1 es la curva que muestra la

Fórmula matemática 4

$$b \cos \alpha_2 - \left(\frac{0,5\sigma_T}{E} + \varepsilon_{cr} \right) R_0 = 0$$

cuando la resistencia a la tracción σ_T de la lámina de acero que se utiliza como material es 390 MPa, 490 MPa, 590 MPa, 710 MPa, 980 MPa y 1.200 MPa.

- 5 En la Figura 12, el intervalo de ε_1 y la dirección vertical de la Curva 1 pueden ser divididos en las regiones A a D. Las regiones A y B son regiones en las que ε_{cr} está comprendida en el intervalo entre 0 y 0,023, es decir, regiones en las que ε_1 es un valor de $0,5\sigma_T$ más que el valor permisible ε_{cr} para la deformación. Es decir, el valor del límite superior de ε_1 en las regiones A y B cambia dependiendo de la σ_T del material. La Figura 12 muestra, como ejemplos típicos, los valores de ε_1 cuando $\varepsilon_{cr} = 0,023$ para los valores de $\sigma_T = 390$ MPa y 1.200 MPa, mediante dos líneas. El valor de ε_1 de un material en lámina con una σ_T de entre 390 MPa y 1.200 MPa puede considerarse que se encuentra sustancialmente entre estas dos líneas. Por lo tanto, en la región A y en la región B, el producto intermedio y el artículo conformado final se han formado sin provocar arrugamiento. Por otra parte, en la región C y en la región D, ε_1 se encuentra por encima de 0,023, de tal modo que, incluso si se forman, el producto intermedio y el artículo conformado final están arrugados.
- 10
- 15 Aquí, para obtener un artículo conformado final con combadura y torsión pequeñas y sin que se provoque arrugamiento, en la región A y en la región B, en las que ε_1 es ε_{cr} , el ángulo de doblamiento adicional, que se define como $\alpha_1 - \alpha_2$, ha de hacerse de manera que se encuentre dentro de un intervalo predeterminado. Más adelante se explicará el intervalo del ángulo de doblamiento adicional β , dividido en la región A y en la región B. Nótese que, para α_1 y α_2 , según se muestra en la Figura 13(a), el sentido de rotación que parte de la posición de la línea horizontal H, en la dirección en que la parte de brida 4a se mueve en alejamiento de la parte de lámina superior 2, se define como «positivo». Y a la inversa, el sentido de rotación que parte de la posición de la línea horizontal H, en la dirección en la que la parte de brida 4a se mueve hacia la parte de lámina superior 2, se define como «negativo».
- 20

En la Figura 12, la región A, cuando se hace $\alpha_1 > 0$, $\alpha_2 \geq 0$, $\alpha_1 - \alpha_2 > 0$, y $R_0 = 50$ mm a 2.000 mm, $\alpha_1 - \alpha_2$, es decir, el ángulo de doblamiento adicional β , ha de hacerse de manera que esté comprendido en el intervalo de la

25 Fórmula matemática 5

En la que

$$\cos^{-1} \left[\frac{b \cos \alpha_2 - \left(\frac{0,5\sigma_T}{E} + \varepsilon_{cr} \right) R_0}{b \left\{ 1 - \left(\frac{0,5\sigma_T}{E} + \varepsilon_{cr} \right) \right\}} \right] \leq 90^\circ ,$$

$$\cos^{-1} \left[\frac{b \cos \alpha_2 - \left(\frac{0,5\sigma_T}{E} \right) R_0}{b \left\{ 1 - \left(\frac{0,5\sigma_T}{E} \right) \right\}} \right] - \alpha_2 \leq \beta \leq \cos^{-1} \left[\frac{b \cos \alpha_2 - \left(\frac{0,5\sigma_T}{E} + \varepsilon_{cr} \right) R_0}{b \left\{ 1 - \left(\frac{0,5\sigma_T}{E} + \varepsilon_{cr} \right) \right\}} \right] - \alpha_2$$

Aquí, tal como se muestra en la Figura 12, si R_0 se hace más grande o ε_1 se hace más grande, el valor de la

30 Fórmula matemática 6

$$b \cos \alpha_2 - \left(\frac{0,5\sigma_T}{E} + \varepsilon_{cr} \right) R_0$$

- se convierte, en ocasiones, en un valor negativo. El valor para calcular el arcocoseno a partir de este valor es, como se ha explicado anteriormente, α_1 , de tal modo que el hecho de que este valor se haga negativo significa que el valor de α_1 es mayor que 90° . Si el valor de α_1 está por encima de 90° , tal como se muestra en la Figura 14, el ángulo que la parte de brida 4a forma con la parte de pared vertical 3a se hace 180° o menor. Si se considera un troquel tal como el de la Figura 4, no es posible extraer el troquel tirando de él y no es posible producir el artículo conformado. En consecuencia, el hecho de que la región A según la
- 35

Fórmula matemática 7

$$b \cos \alpha_2 - \left(\frac{0,5\sigma_T}{E} + \varepsilon_{cr} \right) R_0,$$

5 sea positiva es una condición necesaria. Con esta condición, puede encontrarse el valor de $\alpha_1 - \alpha_2$, es decir, el valor de β . El valor del límite superior de β puede hallarse como el 0,023 del valor del límite superior ε_{cr} para el que no se producen arrugas. Por otra parte, en teoría, ε_{cr} puede ser también cero. En este caso, el valor de ε_1 se hace $0,5\sigma_T/E$. De acuerdo con ello, por lo que respecta al intervalo de β , ε_1 cambia con respecto a σ_T/E en el intervalo del valor que se calcula dentro del intervalo de $0,5\sigma_T/E + \varepsilon_{cr}$.

10 El método de tratamiento de la presente invención proporciona un método de conformación que dobla, en primer lugar, el material en una cantidad pequeña y, seguidamente, lo dobla de manera adicional en la misma dirección, de tal manera que nunca se cumple que $\alpha_2 \leq 0$. Por otra parte, no es preferible un doblamiento grande desde el principio, ya que el material se arruga con facilidad. Por otro lado, no es preferible que $\alpha_2 < 0$, ya que la deformación de las partes de brida provoca que la parte de brida se arrugue con facilidad. Por otra parte, si $\alpha_1 - \alpha_2 \leq 0$, la presente invención proporciona un método de conformación que, primeramente, dobla el material en una cantidad pequeña y, a continuación, lo dobla adicionalmente en la misma dirección, de tal manera que nunca se cumple que $\alpha_1 - \alpha_2 \leq 0$. Por otra parte, no es preferible que $\alpha_1 - \alpha_2 \leq 0$, ya que el material se trabaja en la dirección inversa y se arruga fácilmente a la hora de llevar a cabo la primera operación de conformación. Por lo tanto, se establece que $\alpha_1 > 0$, $\alpha_2 \geq 0$ y $\alpha_1 - \alpha_2 > 0$.

20 Por otra parte, si R_0 es menor que 50 mm, en el momento del final del primer procedimiento de conformación, la tensión de tracción que persiste en la parte de pared vertical 3a y en la parte de brida 4a, en el interior de la parte doblada 10, se hace extremadamente grande. En consecuencia, incluso si se hace β de manera que se encuentre en el intervalo de la inecuación anterior, no es posible relajar la tensión de tracción residual en el segundo procedimiento de conformación. Como resultado de ello, la combadura y la torsión del artículo conformado final 1 se hacen más grandes. Por otra parte, si R_0 excede de 2.000 mm, el artículo conformado final 1 se hace recto en su forma en la dirección longitudinal, de tal manera que, en el momento del final de la primera operación de conformación, la tensión de tracción que permanece en la parte de pared vertical 3a y en la parte de brida 4a, en el interior de la parte doblada 10, se hace más pequeña. De acuerdo con ello, incluso si no se aplica la presente invención, la combadura y la torsión del artículo conformado final 1 son pequeñas. Por otro lado, cuando el artículo conformado final tiene una pluralidad de curvaturas, en la presente invención, el radio mínimo de curvatura se hace R_0 .

30 Por otra parte cuando, según la

Fórmula matemática 8

$$\cos^{-1} \left[\frac{b \cos \alpha_2 - \left(\frac{0,5\sigma_T}{E} + \varepsilon_{cr} \right) R_0}{b \left\{ 1 - \left(\frac{0,5\sigma_T}{E} + \varepsilon_{cr} \right) \right\}} \right] > 90^\circ,$$

35 $\alpha_2 + \beta$, es decir, α_1 , excede de 90° partiendo de la línea horizontal. La Figura 14 muestra el corte transversal del artículo conformado final, tomado por la línea I-I de la Figura 1(a), cuando $\alpha_2 + \beta$, es decir, α_1 , excede de 90° . Como se muestra en la Figura 14, la parte de brida 4a se inclina en sentido opuesto con respecto a la dirección de avance del troquel. Está claro que no es posible utilizar el troquel para formar el artículo conformado final 1.

Por otra parte, cuando el intervalo del ángulo de doblamiento adicional β no satisface la

Fórmula matemática 9

$$\cos^{-1} \left[\frac{b \cos \alpha_2 - \left(\frac{0,5\sigma_T}{E} \right) R_0}{b \left\{ 1 - \left(\frac{0,5\sigma_T}{E} \right) \right\}} \right] - \alpha_2 \leq \beta \leq \cos^{-1} \left[\frac{b \cos \alpha_2 - \left(\frac{0,5\sigma_T}{E} + \varepsilon_{cr} \right) R_0}{b \left\{ 1 - \left(\frac{0,5\sigma_T}{E} + \varepsilon_{cr} \right) \right\}} \right] - \alpha_2$$

40 si bien el producto intermedio y el artículo conformado final 1 pueden ser formados sin provocar arrugas, la combadura y la torsión del artículo conformado final 1 son grandes.

A continuación, en la región B de la Figura 12, cuando se hacen $\alpha_1 > 0$, $\alpha_2 \geq 0$, $\alpha_1 - \alpha_2 > 0$ y $R_0 = 50$ mm a 2.000 mm, el intervalo de $\alpha_1 - \alpha_2$, es decir, el ángulo de doblamiento adicional β , ha de establecerse según la

Fórmula matemática 10

$$\cos^{-1} \left[\frac{b \cos \alpha_2 - \left(\frac{0,5\sigma_T}{E} + \varepsilon cr \right) R_0}{b \left\{ 1 - \left(\frac{0,5\sigma_T}{E} + \varepsilon cr \right) \right\}} \right] > 90^\circ ,$$

5

$$\cos^{-1} \left[\frac{b \cos \alpha_2 - \left(\frac{0,5\sigma_T}{E} + \varepsilon cr \right) R_0}{b \left\{ 1 - \left(\frac{0,5\sigma_T}{E} + \varepsilon cr \right) \right\}} \right] - \alpha_2 \leq \beta \leq 90^\circ - \alpha_2$$

Las razones para hacer $\alpha_1 > 0$, $\alpha_2 \geq 0$, $\alpha_1 - \alpha_2 > 0$ y $R_0 = 50$ mm a 2.000 mm son similares a las del caso de la región A.

Por otra parte, cuando no se satisface la

Fórmula matemática 11

$$\cos^{-1} \left[\frac{b \cos \alpha_2 - \left(\frac{0,5\sigma_T}{E} + \varepsilon cr \right) R_0}{b \left\{ 1 - \left(\frac{0,5\sigma_T}{E} + \varepsilon cr \right) \right\}} \right] > 90^\circ ,$$

10 como se ha explicado anteriormente, $\alpha_2 + \beta$, es decir, α_1 , excede de 90° partiendo de la línea horizontal, y la parte de brida 4a pasa a estar inclinada opuestamente con respecto a la dirección de avance del troquel, de tal manera que no es posible utilizar el troquel para la conformación. En consecuencia, el límite superior del ángulo de doblamiento adicional β se ha hecho $90^\circ - \alpha_2$. Aquí, $\alpha_1 = 90^\circ$.

15 Haciendo que el ángulo de doblamiento adicional β se encuentre dentro del intervalo que se ha explicado hasta aquí, es posible obtener un artículo conformado final 1 que carece de arrugamiento en la parte de brida 4a y que presenta una combadura y una torsión pequeñas.

20 La presente invención puede ser aplicada a cualquier artículo conformado final 1, siempre y cuando sea conformado como se ha mostrado en las Figuras 1, 3 y 7 a 11. Un artículo conformado final 1 de la forma según se ha mostrado en las Figuras 1, 3 y 7 a 11 incluye, por ejemplo, un miembro lateral delantero, un pilar delantero interior, un raíl de techo interior, etc., de un automóvil.

La parte doblada 10 tiene una forma de arco, una forma de arco elíptico o una forma curva con una curvatura que cambia de forma continua en las partes de intersección 5a, 5b, pero no está limitada a una forma curva con un radio de curvatura de la curva de entre 50 mm y 2.000 mm.

25 Por otra parte, la parte doblada 10 no se limita a una única parte situada en el artículo conformado final 1. Puede haber también varias partes presentes. La Figura 3 es una vista que muestra un ejemplo de un artículo conformado final 1 con una sección transversal en forma de sombrero y que comprende una parte de lámina superior, partes de pared vertical y partes de brida, y que tiene dos partes dobladas con radios de curvatura de 800 mm y 1.200 mm en la dirección longitudinal.

30 El artículo conformado final 1 de la Figura 3 tiene las partes dobladas 10-1 y 10-2, pero las partes de brida 4-1a, 4-2a situadas en el interior de estas partes dobladas 10-1, 10-2, se han doblado respectivamente, de manera adicional, en el intervalo del anterior β .

35 En el artículo conformado final 1 de la Figura 3, asimismo, la tensión de tracción que persiste al final del primer procedimiento de conformación en las partes de pared vertical 3a, 3-1a, 3-2a y en las partes de brida 4a, 4-1a, 4-2a situadas en el interior de las partes dobladas 10, 10-1, 10-2, se reduce en el segundo procedimiento de conformación. Como resultado de ello, el artículo conformado final 1 de la Figura 3 también ve reducidas su combadura y su torsión, y las partes de brida 4a, 4-1a y 4-2a no se arrugan.

En el artículo conformado final 1 de la Figura 1, la anchura W de la parte de lámina superior 2a no está particularmente limitada. Sin embargo, si la anchura W es más estrecha que entre 15 mm y 30 mm, se utiliza, preferiblemente, el siguiente método que se explica en lo que sigue para dar forma en prensa. Es de apreciar que la expresión «anchura W» quiere decir la anchura en una dirección perpendicular a la dirección longitudinal, en la parte de lámina superior 2 del artículo conformado final 1 de la Figura 1.

La Figura 4 es una vista esquemática que muestra un esbozo de la forma de sección transversal de una parte que constituye una parte doblada 10 en un troquel que se utiliza en el primer procedimiento de conformación, en los troqueles que se emplean para dar forma en prensa al artículo conformado final 1 de la Figura 1. La Figura 5 es una vista esquemática que muestra un esbozo de la forma de sección transversal de una parte que constituye una parte doblada 10 dentro de un troquel que se utiliza en el primer procedimiento de conformación, de entre los troqueles que se emplean para conformar en prensa un artículo conformado final 1 de la Figura 1, con una anchura W de entre 15 mm y 30 mm. La Figura 6 es una vista esquemática que muestra un esbozo de la forma de sección transversal de una parte que constituye una parte doblada 10 dentro de un troquel que se utiliza en el segundo procedimiento de conformación, dentro de los troqueles que se utilizan para conformar en prensa un artículo conformado final 1 de la Figura 1, con una anchura W de entre 15 mm y 30 mm.

Como se ha mostrado en la Figura 4, el primer troquel 50 y el segundo troquel 60 tienen superficies de conformación 52, 62 de parte de lámina superior, superficies de conformación 53a, 63a de parte de pared vertical interior, superficies de conformación 53b, 63b de parte de pared vertical exterior, superficies de conformación 54a, 64a de parte de brida interior, y superficies de conformación 54b, 64b de parte de brida exterior.

En el primer procedimiento de conformación, cuando la lámina de acero 90 es asida entre el primer troquel 50 y el segundo troquel 60, la posición 92 del artículo conformado final 1 que llega a ser la parte de lámina superior 2 asciende desde la superficie de conformación 62 de parte de lámina superior del segundo troquel 60. Por otra parte, la posición 92 se dobla en gran medida en la dirección del espesor de lámina correspondiente a la lámina de acero 90. Llegados a este punto, se actúa sobre la posición 92 del artículo conformado final 1 que se convierte en la parte de lámina superior 2, por un momento en la dirección del espesor de lámina correspondiente a la lámina de acero 90, y una tensión que actúa para doblar el artículo conformado final 1 en su conjunto (en lo que sigue, tensión de doblamiento), persiste en la parte de lámina superior 2. Esta tensión de flexión remanente reduce el efecto, en el segundo procedimiento de conformación, de reducir la tensión de tracción que permanece en el momento del final del primer procedimiento de conformación. A fin de impedir que persista la tensión de flexión, la presión de conformación ha de hacerse más grande. Sin embargo, cuando la anchura W del artículo conformado final 1 son unos estrechos 15 mm a 30 mm, se requiere una presión de conformación particularmente grande.

En consecuencia, en los troqueles que se utilizan en el primer procedimiento de conformación, cuando la anchura W es un valor estrecho de entre 15 mm y 30 mm, el primer troquel 50 de la Figura 4, según se muestra en la Figura 5, se divide en el mandril 55b y el troquel de conformación parcial 56a. Debido a esto, las partes del artículo conformado final 1 que constituyen la parte de pared vertical exterior 3b y la parte de brida exterior 4b son asidas por el mandril 55b y el segundo troquel 60 mientras el troquel de conformación parcial 56a da forma a la parte de pared vertical interior 3a y a la parte de brida interior 4a. Es decir, la lámina de acero 90 es prensada por el mandril 55b y por el segundo troquel 60, para que entonces el troquel de conformación parcial 56a y el segundo troquel 60 se utilicen para hacer que la lámina de acero 90 se deforme plásticamente para formar la parte de pared vertical interior 3a y la parte de brida interior 4a. Haciendo esto, es posible evitar que persista una tensión de flexión en la parte de lámina superior 2 sin tener que aumentar la presión de conformación, Nótese que el mandril 55b es presionado contra el segundo troquel 60 por medio de unos cilindros hidráulicos 81 de pequeño tamaño que están asegurados a la prensa 80. La lámina de acero 90 es sencillamente emparedada entre el mandril 55b y el segundo troquel 60, de manera que no se requiere una carga grande.

Por otra parte, haciendo los troqueles que se utilizan para el segundo procedimiento de conformación según se muestra en la Figura 6, el segundo troquel 60, el mandril 55a y el troquel de conformación parcial 56b, la parte de lámina superior 2 y la parte de pared vertical interior 3a son asidos por el mandril 55a y el segundo troquel 60, al tiempo que el mandril 55a se utiliza para doblar adicionalmente la parte de brida interior 4a, y el troquel de conformación parcial 56b y el troquel 60 se utilizan para formar la parte de pared vertical exterior 3b y la parte de brida exterior 4b. Es decir, el artículo conformado intermedio que se ha obtenido en el primer procedimiento de conformación es prensado por el mandril 55a y por el segundo troquel 60 al tiempo que el mandril 55a y el troquel 60 se utilizan para hacer que la parte de brida interior 4a se deforme plásticamente para doblarse de manera adicional, y el troquel de conformación parcial 56b y el troquel 60 se utilizan para hacer que la lámina de acero 90 se deforme plásticamente para formar la parte de pared vertical exterior 3b y la parte de brida exterior 4b. Al hacer esto, es posible impedir que persista una tensión de flexión en la parte de lámina superior 2. Es de apreciar que el mandril 55a es presionado por los cilindros hidráulicos 81 de pequeño tamaño que están asegurados a la prensa 80. Esto es debido a que no se requiere una carga grande para doblar adicionalmente las partes de brida interior 4a.

Como se ha explicado hasta aquí, en el primer procedimiento de conformación, el troquel 55b y el segundo troquel 60 asen la parte de lámina superior 2 y la parte de pared vertical interior 3a al tiempo que el troquel de conformación parcial 56a conforma la parte de lámina superior 2 y la parte de pared vertical interior 3a, así como la parte de brida interior 4a. Por otro lado, en el segundo procedimiento de conformación, el mandril 55a se utiliza para doblar

adicionalmente la parte de brida interior 4a después del primer procedimiento de conformación, al tiempo que el troquel de conformación parcial 56b se utiliza para conformar la parte de pared vertical exterior 3b y la parte de brida exterior 4b.

- 5 Al realizar la conformación de esta manera, es posible mejorar adicionalmente el efecto de reducción de la combadura y de la torsión del artículo conformado final 1 que se obtiene por el doblamiento adicional de la parte de brida interior 4a. En particular, esto es eficaz cuando W es entre 15 mm y 30 mm.

Ejemplos

- 10 A continuación, la presente invención se explicará adicionalmente mediante ejemplos pero las condiciones de los ejemplos son ejemplos de condiciones que se emplean para confirmar la capacidad de puesta en práctica y los efectos de la presente invención. La presente invención no está limitada a estos ejemplos o condiciones. La presente invención puede emplear diversas condiciones siempre y cuando no se desvíen de la esencia de la presente invención y consigan el propósito de la presente invención.

Ejemplo 1

- 15 Se utilizaron láminas de acero de diversos espesores de lámina y resistencias a la tracción para operaciones de conformación en prensa por medio del método de la presente invención, a fin de fabricar los artículos conformados finales 1 que se han mostrado en la Figura 1, en la Figura 3 y en las Figuras 11a a 11i.

- 20 Los artículos conformados finales 1 fabricados fueron, todos ellos, evaluados por lo que respecta a la combadura y a la torsión de la siguiente manera. Cada uno de los artículos conformados finales 1 se midió en cuanto a las posiciones de los cuatro puntos P_0 , Q_0 , S_0 , T_0 que se han mostrado en la Figura 1 y en la Figura 3. Las coordenadas se designaron como los puntos P, Q, S y T. Por otra parte, el segmento de línea T_0T cuando se fijan los tres puntos $P_0 = P$, $Q_0 = Q$ y $S_0 = S$ se definió como la «magnitud de combadura y de torsión». Es decir, cuando no hay combadura ni torsión en absoluto, $P_0 = P$, $Q_0 = Q$, $S_0 = S$ y $T_0 = T$, de tal manera que la magnitud de la combadura y de la torsión que se muestra por el segmento de línea T_0T se hace 0. Nótese que los cuatro puntos P_0 , Q_0 , S_0 y T_0 de las Figuras 11a a 11i están basados en la Figura 1 y en la Figura 3.

- 25 Los resultados de la evaluación se muestran en la Tabla 1. En la Tabla 1, el artículo conformado final 1 se corresponde a cualquiera de la Figura 1, la Figura 3 y las Figuras 11a a 11i, pero se describen también de manera conjunta el valor de la anchura W, el espesor de lámina y la resistencia a la tracción de la lámina de acero que se utilizó, el ángulo de doblamiento adicional β , el uso de los mandriles 55a, 55b, etc.

Tabla 1-1

Nivel de ej.	Forma de artículo conformado final	W (mm)	Espesor de lámina (mm)	Resistencia a la tracción σ_T (MPa)	Módulo elástico E (MPa)	b (mm)	R ₀ (mm)	α_1 (°)	α_2 (°)	ϵ_{cr} (-)	Intervalo susceptible de adoptarse por β		β (°)	Uso de mandril	Magnitud de combadura y torsión (mm)	Arrugas	Notas
											Min. (°)	Máx. (°)					
1-1	Figura 1	45	1,0	490	205.800	25	1.000	22	2	0,023	15,7	86,1	20,0	No	10,7	No	Ej. inv.
								14		0,023	15,7	86,1	12,0	No	14,9	No	Ej. comp.
								90		0,023	15,7	86,1	88,0	No	15,2	No	Ej. comp.
								-		-	-	-	-	No	18,0	No	Ej. prev.
1-2	Figura 1	45	1,0	590	205.800	25	1.000	22	2	0,023	17,4	86,7	20,0	No	10,8	No	Ej. inv.
								14		0,023	17,4	86,7	12,0	No	16,9	No	Ej. comp.
								90		0,023	17,4	86,7	88,0	No	17,8	No	Ej. comp.
								-		-	-	-	-	No	18,2	No	Ej. prev.
1-3	Figura 1	45	1,0	710	205.800	25	1.000	22	2	0,023	19,3	87,4	20,0	No	11,1	No	Ej. inv.
								19		0,023	19,3	87,4	17,0	No	17,5	No	Ej. comp.
								90		0,023	19,3	87,4	88,0	No	18,1	No	Ej. comp.
								-		0,023	-	-	-	No	18,9	No	Ej. prev.
1-4	Figura 1	45	1,0	980	205.800	25	1.000	26	2	0,023	23,0	88,0	24,0	No	11,8	No	Ej. inv.
								25		0	23,0	23,0	23,0	No	11,3	No	Ej. inv.
								20		0,023	23,0	88,0	18,0	No	17,7	No	Ej. comp.
								-		-	-	-	-	No	19,4	No	Ej. prev.

Tabla 1-2 (Continuación de la Tabla 1-1)

Nivel de ej.	Forma de artículo conformado final	W (mm)	Espesor de lámina (mm)	Resistencia a la tracción σ_T (MPa)	Módulo elástico E (MPa)	b (mm)	R ₀ (mm)	α_1 (°)	α_2 (°)	ϵ_{cr} (-)	Intervalo susceptible de adoptarse por β		β (°)	Uso de mandril	Magnitud de combadura y torsión (mm)	Arrugas	Notas	
											Mín. (°)	Máx. (°)						
1-5	Figura 1	45	1,0	1.200	205.800	25	1.000	28	2	0,023	25,7	88,0	26,0	No	12,5	No	Ej. inv.	
								22		0,023	25,7	88,0	20,0		No	18,2	No	Ej. comp.
								-		-	-	-	-	-		No	20,2	No
1-6	Figura 1	25	1,0	590	205.800	25	1.000	22	2	0,023	17,4	86,7	20,0	No	11,0	No	Ej. inv.	
								17		0,023	17,4	86,7	15,0		No	17,5	No	Ej. comp.
								90		0,023	17,4	86,7	88,0		No	18,1	No	Ej. comp.
1-7	Figura 1	25	1,0	590	205.800	25	1.000	22	2	0,023	17,4	86,7	20,0	Si	6,2	No	Ej. inv.	
								17		0,023	17,4	86,7	15,0		No	9,9	No	Ej. comp.
								90		0,023	17,4	86,7	88,0		No	10,1	No	Ej. comp.
1-8	Figura 1	45	1,2	980	205.800	25	1.000	26	2	0,023	23,0	88,0	24,0	No	11,8	No	Ej. inv.	
								26		0,023	23,0	88,0	18,0		No	17,6	No	Ej. comp.
								-		-	-	-	-	-		No	19,2	No

Tabla 1-3 (Continuación de la Tabla 1-2)

Nivel de ej.	Forma de artículo conformado final	W (mm)	Espesor de lámina (mm)	Resistencia a la tracción σ_T (MPa)	Módulo elástico E (MPa)	b (mm)	R_0 (mm)	α_1 (°)	α_2 (°)	s_{cr} (-)	Intervalo adoptable por β (°)		Uso de mandrill	Magnitud de combadura y torsión (mm)	Arrugas	Notas
											Min. (°)	Máx. (°)				
1-9	Figura 1	45	1,0	390	205.800	25	1.000	22	2	0,023	13,8	85,6	No	15,1	No	Ej. inv.
								14		0,023	13,8	85,6		16,4	No	Ej. comp.
								90		0,023	13,8	85,6		16,6	No	Ej. comp.
1-10	Figura 1	45	1,0	590	205.800	25	80 a 1.200	22	2	0,023	15,3	75,1	No	10,1	No	Ej. inv.
								22		0,015	15,3	59,2		10,0	No	Ej. inv.
								22		0,040	15,3	88,0		16,8	Sí	Ej. comp.
								17		0,023	15,3	75,1		16,3	No	Ej. comp.
								90		0,023	15,3	75,1		16,7	No	Ej. comp.
								-		0,023	-	-		17,1	No	Ej. prev.
1-11	Figura 1	45	1,0	590	205.800	25	1.000	21	4	0,023	15,7	84,8	No	11,3	No	Ej. inv.
								15		0,023	15,7	84,8		18,3	No	Ej. comp.
								90		0,023	15,7	84,8		18,7	No	Ej. comp.
								-		0,023	-	-		19,1	No	Ej. prev.
								25	8	0,023	12,9	81,2		12,4	No	Ej. inv.
								19		0,023	12,9	81,2		20,0	No	Ej. comp.
1-12	Figura 1	45	1,0	590	205.800	10	1.000	32	2	0,023	29,0	88,0	No	9,5	No	Ej. inv.
								27		0,023	29,0	88,0		15,3	No	Ej. comp.
								-		0,023	-	-		16,0	No	Ej. prev.

Tabla 1-4 (Continuación de la Tabla 1-3)

Nivel de ej.	Forma de artículo conformado final	W (mm)	Espesor de lámina (mm)	Resistencia a la tracción σ_T (MPa)	Módulo elástico E (MPa)	b (mm)	R ₀ (mm)	α_1 (°)	α_2 (°)	ϵ_{cr} (-)	Intervalo susceptible de adoptarse por β		β (°)	Uso de mandril	Magnitud de combadura y torsión (mm)	Arrugas	Notas
											Mín. (°)	Máx. (°)					
1-13	Figura 1	45	1,0	590	205.800	35	1.000	19	2	0,023	14,3	70,0	17,0	No	13,5	No	Ej. inv.
								13		0,023	14,3	70,0	11,0		21,8	No	Ej. comp.
								82		0,023	14,3	70,0	80,0		22,3	No	Ej. comp.
								-		0,023	-	-	-		22,8	No	Ej. prev.
1-14	Basada en la Figura 11a	30	1,0	590	205.800	25	30	4	2	0,023	0,4	4,1	2,0	No	12,8	No	Ej. inv.
								2,2		0,023	0,4	4,1	0,2		20,6	No	Ej. comp.
								12		0,023	0,4	4,1	10,0		21,1	No	Ej. comp.
								-		0,023	-	-	-		21,6	No	Ej. prev.
1-15	Figura 11a	30	1,0	590	205.800	25	300	22	2	0,023	8,4	41,6	20,0	No	7,1	No	Ej. inv.
								8		0,023	8,4	41,6	6,0		11,4	No	Ej. comp.
								52		0,023	8,4	41,6	50,0		11,6	No	Ej. comp.
								-		0,023	-	-	-		11,9	No	Ej. prev.
1-16	Figura 11b	30	1,0	590	205.800	25	500	22	2	0,023	11,6	56,4	20,0	No	8,2	No	Ej. inv.
								10		0,023	11,6	56,4	8,0		13,2	No	Ej. comp.
								62		0,023	11,6	56,4	60,0		13,5	No	Ej. comp.
								-		0,023	-	-	-		13,8	No	Ej. prev.

Tabla 1-5 (Continuación de la Tabla 1-4)

Nivel de ej.	Forma de artículo conformado final	W (mm)	Espesor de lámina (mm)	Resistencia a la tracción σ_T (MPa)	Módulo elástico E (MPa)	b (mm)	R ₀ (mm)	α_1 (°)	α_2 (°)	ϵ_{cr} (-)	Intervalo susceptible de adoptarse por β		β (°)	Uso de mandril	Magnitud de combadura y torsión (mm)	Arrugas	Notas
											Mín. (°)	Máx. (°)					
1-17	Figura 11c	30	1,0	590	205.800	25	700	22	2	0,023	14,1	69,1	20,0	No	9,3	No	Ej. inv.
								12		0,023	14,1	69,1	10,0				
								77		0,023	14,1	69,1	75,0				
								-		0,023	-	-	-				
1-18	Figura 11d	30	1,0	590	205.800	25	900	22	2	0,023	16,4	80,9	10,0	No	10,4	No	Ej. inv.
								17		0,023	16,4	80,9	15,0				
								84		0,023	16,4	80,9	82,0				
								-		0,023	-	-	-				
1-19	Figura 11e	30	1,0	590	205.800	25	1.000	22	2	0,023	17,4	86,7	20,0	No	11,0	No	Ej. inv.
								17		0,023	17,4	86,7	15,0				
								89		0,023	17,4	86,7	87,0				
								-		0,023	-	-	-				
1-20	Figura 11f	30	1,0	590	205.800	25	1.100	22	2	0,023	18,3	88,0	20,0	No	11,7	No	Ej. inv.
								17		0,023	18,3	88,0	15,0				
								-		0,023	-	-	-				
								-		0,023	-	-	-				

Tabla 1-6 (Continuación de la Tabla 1-5)

Nivel de ej.	Forma de artículo conformado final	W (mm)	Espesor de lámina (mm)	Resistencia a la tracción σ_T (MPa)	Módulo elástico E (MPa)	b (mm)	R_0 (mm)	α_1 (°)	α_2 (°)	ε_{cr} (-)	Intervalo susceptible de adoptarse por β		β (°)	Uso de mandril	Magnitud de combadura y torsión (mm)	Arrugas	Notas
											Mín. (°)	Máx. (°)					
1-21	Figura 11g	30	1,0	590	205.800	25	1.300	27	2	0,023	20,2	88,0	25,0	No	13,0	No	Ej. inv.
								17		0,023	20,2	88,0	15,0		21,0	No	Ej. comp.
								-		0,023	-	-	-		21,9	No	Ej. prev.
1-22	Figura 11h	30	1,0	590	205.800	25	1.500	27	2	0,023	21,8	88,0	25,0	No	14,2	No	Ej. inv.
								20		0,023	21,8	88,0	18,0		22,9	No	Ej. comp.
								-		0,023	-	-	-		24,0	No	Ej. prev.
1-23	Figura 11i	30	1,0	590	205.800	25	1.700	27	2	0,023	23,4	88,0	25,0	No	15,5	No	Ej. inv.
								22		0,023	23,4	88,0	20,0		24,9	No	Ej. comp.
								-		0,023	-	-	-		26,0	No	Ej. prev.
1-24	Basada en la Figura 11i	30	1,0	590	205.800	25	2.100	42	2	0,023	26,3	88,0	40,0	No	16,8	No	Ej. inv.
								22		0,023	26,3	88,0	20,0		27,1	No	Ej. comp.
								-		0,023	-	-	-		28,3	No	Ej. prev.

5 Como se pone de manifiesto por la Tabla 1, se confirma que, haciendo que el ángulo de doblamiento adicional β se encuentre dentro del intervalo de la presente invención, incluso cuando se conforma lámina de acero de alta resistencia, de entre 440 MPa y 1.600 MPa, para obtener los artículos conformados finales 1 que se muestran en la Figura 1, en la Figura 3 y en las Figuras 11a a 11b, las magnitudes de combadura y de torsión se hacen similares a las del caso de conformación de lámina de acero blanda de 390 MPa de resistencia a la tracción, y que no se forman arrugas en las partes de brida interior 4a, 4-1a y 4-1b. Es de apreciar que, como factor que afecta a la magnitud de combadura y de torsión, el ángulo de doblamiento adicional β es, en efecto, grande. Dentro del intervalo de β de la presente invención, se confirmó que puede suprimirse la magnitud de combadura y de torsión hasta 17 mm o menos. Por otra parte, se confirmó que los ejemplos de la invención permiten que la magnitud de combadura y de torsión se vea en gran medida reducida en comparación con los ejemplos de la técnica anterior, que no utilizan dos etapas para la conformación, como en la presente invención, sino que se sirven de una única operación de conformación para obtener un artículo conformado final 1.

10 En particular, se confirmó que, cuando W se encuentra entre 15 mm y 30 mm, el uso de los mandriles 55a, 55b es particularmente eficaz.

15 Por otra parte, cuando el ángulo de doblamiento adicional β se encuentra por debajo del límite inferior de la presente invención, se confirmó que se produce una magnitud mayor de combadura y de torsión que incluso cuando se conforma lámina de acero blando con una resistencia de 440 MPa.

20 Por otra parte, cuando el ángulo de doblamiento adicional β se encuentra por encima del límite superior de la presente invención, se confirmó que se produce una magnitud similar de combadura y de torsión que cuando se conforma lámina de acero blando con una resistencia de 440 MPa, pero se forman arrugas en las partes de brida interior 4a, 4-1a y 4-1b.

Ejemplo 2

25 En la Figura 7 se muestra un refuerzo exterior de raíl de techo de una parte de brida de un chasis de automóvil. Esta parte, como se muestra en la Figura 7, tiene una forma que está suavemente curvada en la dirección longitudinal (forma con una curvatura que cambia de manera continua desde un radio mínimo de 700 mm hasta un radio máximo de 1.200 mm).

30 En caso de que se conforme en prensa un refuerzo exterior de raíl de techo que está curvado en la dirección longitudinal, a la hora de formar la parte de pared vertical 3a, la combadura y la torsión se producen debido al momento en la dirección del espesor de la lámina que tiene lugar en la superficie de lámina superior 2, y a la tensión de tracción que tiene lugar cuando se conforma la parte de brida interior 4a.

35 Por lo tanto, los presentes inventores utilizaron lámina de acero de alta resistencia, con un espesor de 1,0 mm y una resistencia a la tracción de 980 MPa, para llevar a cabo el primer procedimiento de conformación y el segundo procedimiento de conformación antes mencionados. El Nivel de experimento 2-1 es un ejemplo de la técnica anterior que no se sirve de dos etapas para la conformación, como en la presente invención, sino que utiliza una única operación de conformación para obtener el artículo conformado final 1. El Nivel de experimento 2-2 es un ejemplo de la invención que lleva a cabo el primer procedimiento de conformación y el segundo procedimiento de conformación de la presente invención. Los resultados de la medición del retroceso elástico de la parte de extremo frontal (magnitud de combadura y de torsión) se han mostrado en la Tabla 2. Nótese que la magnitud de combadura y de torsión se evaluó con el método basado en el Ejemplo 1.

40

Tabla 2

Nivel de ej.	Forma de artículo conformado final	W (mm)	Espesor de lámina (mm)	Resistencia a la tracción σ_T (MPa)	Módulo elástico E (MPa)	b (mm)	R_0 (mm)	α_1 (°)	α_2 (°)	ϵ_{cr} (-)	Intervalo susceptible de ser adoptado por β		β (°)	Uso de mandril	Magnitud de combadura y torsión (mm)	Notas	
											Mín. (°)	Máx. (°)					
2-1	Figura 7	30	1,0	980	205.800	25	700 a 1.200	-	2	-	-	-	-	Sí	12,5	No	Ej. prev.
2-2	Figura 7	30	1,0					27		0,023	18,8	70,8	25,0	Sí	2,73	No	Ej. inv.

El ejemplo de la técnica anterior del Nivel de experimento 2-1 adolecía de una combadura y una torsión grandes. En contraposición con esto, el ejemplo de la invención que se da en el Nivel de experimento 2-2 aplicaba el primer procedimiento de conformación y el segundo procedimiento de conformación, y, por tanto, pudo confirmarse que en él se suprimían la combadura y la torsión.

5 Ejemplo 3

En una parte real, tal como se muestra en la Figura 8 antes mencionada, existen partes recortadas. Por otro lado, hay asientos de junta, formas de cordón, etc. que se utilizan a la hora de ensamblar partes utilizando soldadura, pernos, etc. Esto es para evitar la interferencia con otras partes en el momento del ensamblaje en una posición que está curvada en la dirección longitudinal. Alternativamente, esto es para mejorar la resistencia, etc.

10 Si se está conformando una parte que está curvada en la dirección longitudinal, cuando se forman las partes de pared vertical 3a, se produce combadura y torsión como consecuencia del momento en la dirección del espesor de lámina de la lámina de acero, que se produce en la superficie de lámina superior 2, y de la tensión de tracción que se produce cuando se conforma la parte de brida interior 4a.

15 En consecuencia, se conformó lámina de acero de alta resistencia con un espesor de lámina de 1,0 mm y una resistencia a la tracción de 980 MPa, por medio del primer procedimiento de conformación y del segundo procedimiento de conformación antes mencionados. El Nivel de experimento 3-1 es un ejemplo comparativo que no utiliza dos etapas para la conformación, como la presente invención, sino que se sirve únicamente de una operación de conformación para obtener el artículo conformado final 1. El Nivel de experimento 3-2 es un ejemplo de la invención que conforma la parte de brida interior dentro del intervalo que se muestra por las líneas discontinuas en la Figura 8, mediante el primer procedimiento de conformación y el segundo procedimiento de conformación de la presente invención. Los resultados de la medición de la magnitud de combadura y de torsión del artículo conformado final 1 se muestran en la Tabla 3. Es de apreciar que la magnitud de combadura y torsión se evaluó por medio de un método basado en el Ejemplo 1.

20

Tabla 3

Nivel de ej.	Forma de artículo conformado final	W (mm)	Espesor de lámina (mm)	Resistencia a la tracción σ_T (MPa)	Módulo elástico E (MPa)	b (mm)	R_0 (mm)	α_1 (°)	α_2 (°)	ϵ_{cr} (-)	Intervalo susceptible de ser adoptado por β		β (°)	Uso de mandril	Magnitud de combadura y torsión (mm)	Notas	
											Mín. (°)	Máx. (°)					
3-1	Figura 8	30	1,0	980	205.800	25	700	-	2	-	-	-	-	Sí	8,92	No	Ej. comp.
3-2	Figura 8	30	1,0					24		0,023	18,8	70,8	22,0	Sí	2,48	No	Ej. inv.

El ejemplo comparativo del Nivel de experimento 1 adolecía de una combadura y una torsión grandes. En contraposición a esto, el ejemplo de invención del Nivel de experimento 3-2 aplicó el primer procedimiento de conformación y el segundo procedimiento de conformación, y, por tanto, pudo confirmarse que en él se suprimían la combadura y la torsión.

5 Ejemplo 4

10 El intervalo de doblamiento adicional en la brida interior puede también ser parcial. En consecuencia, el ejemplo de invención del Nivel de experimento 4-2 conformó la parte de brida interior dentro del intervalo que se muestra por las líneas discontinuas en la Figura 9, por medio del primer procedimiento de conformación y del segundo procedimiento de conformación de la presente invención. Los resultados de la medición de la magnitud de combadura y de torsión del artículo conformado final se muestran en la Tabla 4. Es de apreciar que la magnitud de combadura y de torsión fue evaluada por un método basado en el Ejemplo 1. Por otra parte, como Nivel de experimento 4-1, se preparó y evaluó un ejemplo comparativo que no utiliza dos etapas para la conformación, como en la presente invención, sino que se sirve de una única operación de conformación para obtener el artículo conformado final 1.

Tabla 4

Nivel de ej.	Forma de artículo conformado final	W (mm)	Espesor de lámina (mm)	Resistencia a la tracción σ_T (MPa)	Módulo elástico E (MPa)	b (mm)	R_0 (mm)	α_1 (°)	α_2 (°)	ϵ_{cr} (-)	Intervalo susceptible de ser adoptado por β		β (°)	Uso de mandril	Magnitud de combadura y torsión (mm)	Notas
											Mín. (°)	Máx. (°)				
4-1	Figura 9	30	1,0	980	205.800	25	700	-	2	-	-	-	-	Sí	11,5	Ej. comp.
4-2	Figura 9	30	1,0					22		0,023	18,8	70,8	20,0	Sí	2,96	Ej. inv.

El ejemplo de invención del Nivel de experimento 4-2 aplicó el primer procedimiento de conformación y el segundo procedimiento de conformación, y, por tanto, pudo confirmarse que se suprimían en él la combadura y la torsión. En contraposición con esto, el ejemplo comparativo del Nivel de experimento 4-1 adolecía de unas combadura y torsión grandes.

5 Ejemplo 5

10 En la Figura 10 se muestra una parte de un refuerzo exterior de raíl de techo de una parte de bastidor de un chasis de automóvil. Si se conforma en prensa el refuerzo exterior de raíl de techo que está curvado en la dirección longitudinal, a la hora de formar las partes de pared vertical, se producen combadura y torsión como consecuencia del momento del espesor de lámina de la lámina de acero que se produce en la superficie de lámina superior, y de la tensión de tracción que tiene lugar cuando se conforma la parte de brida interior.

15 Por lo tanto, se sometió lámina de acero de alta resistencia, con un espesor de lámina de 1,0 mm y una resistencia a la tracción de la clase de 980 MPa, al primer procedimiento de conformación y al segundo procedimiento de conformación antes mencionados. El Nivel de experimento 5-1 es un ejemplo comparativo que no hace uso de dos etapas para la conformación, como la presente invención, sino que utiliza una única operación de conformación para obtener el artículo conformado final 1. El Nivel de experimento 5-2 es un ejemplo de la invención que aplicó el primer procedimiento de conformación y el segundo procedimiento de conformación de la presente invención. Los resultados de la medición de la magnitud de combadura y de torsión se muestran en la Tabla 5. Es de apreciar que la magnitud de combadura y de torsión fue evaluada por un método que se basa en el Ejemplo 1.

Tabla 5

Nivel de ej.	Forma de artículo conformado final	W (mm)	Espesor de lámina (mm)	Resistencia a la tracción σ_T (MPa)	Módulo elástico E (MPa)	b (mm)	R_0 (mm)	α_1 (°)	α_2 (°)	ϵ_{cr} (-)	Intervalo susceptible de ser adoptado por β		β (°)	Uso de mandril	Magnitud de combadura y torsión (mm)	Notas
											Mín. (°)	Máx. (°)				
5-1	Figura 10	30	1,0	980	205.800	25	1.000 a 3.000	-	2	-	-	-	-	Sí	14,7	Ej. comp.
5-2	Figura 10	30	1,0					36		0,023				Sí	6,66	Ej. inv.

El ejemplo comparativo del Nivel de experimento 5-1 presenta una combadura y una torsión grandes. En contraposición con esto, el ejemplo de invención del Nivel de experimento 5-2 aplicó el primer procedimiento de conformación y el segundo procedimiento de conformación, y, por tanto, pudo confirmarse que se suprimían en él la combadura y la torsión.

5 Aplicabilidad industrial

Como se ha explicado anteriormente, de acuerdo con la presente invención, es posible proporcionar un artículo conformado final 1 que comprende una parte de lámina superior, partes de pared vertical y partes de brida, y que tiene al menos una parte doblada con un radio de curvatura mínimo de entre 50 mm y 2.000 mm en la dirección longitudinal, en la que pueden suprimirse la combadura y la torsión. Por lo tanto, es posible reducir la escasa precisión dimensional del artículo conformado final. De acuerdo con ello, la presente invención tiene un alto valor de utilización en la industria.

Lista de símbolos de referencia

- 1. artículo conformado final
- 2. parte de lámina superior
- 15 3a, 3-1a, 3-2a. parte de pared vertical interior
- 3b, 3-1b, 3-2b. parte de pared vertical exterior
- 4a, 4-1a, 4-2a. parte de brida interior
- 4b, 4-1b, 4-2b. parte de brida exterior
- 5a, 5-1a, 5-2a. parte de brida interior
- 20 5b, 5-1b, 5-2b. parte de intersección exterior
- 10, 10-1, 10-2. parte doblada
- 10a, 10-1a, 10-2a. parte doblada interior
- 10b, 10-1b, 10-2b. parte doblada exterior
- 30. parte principal
- 25 31. parte ramificada
- 50. primer troquel
- 60. segundo troquel
- 52, 62. superficie de conformación de parte de lámina superior
- 53a, 63a. superficie de conformación de parte de pared vertical interior
- 30 53b, 63b. superficie de conformación de parte de pared vertical exterior
- 54a, 64a. superficie de conformación de parte de brida interior
- 54b, 64b. superficie de conformación de parte de brida exterior
- 55a, 55b. mandril
- 56a, 56b. troquel de conformación parcial
- 35 80. prensa
- 81. cilindro hidráulico de pequeño tamaño
- 90. material de lámina de acero
- 92. porción que forma la parte de lámina superior en el artículo conformado final.
- H. línea horizontal
- 40 P₀, Q₀, S₀, T₀. puntos de medición de posición del artículo conformado final

REIVINDICACIONES

1.- Un método de conformación en prensa para conformar en prensa un artículo conformado final (1), el cual comprende una parte de lámina superior (2), partes de pared vertical (3a; 3b) y partes de brida (4a; 4b), y que tiene al menos una parte doblada (10) en una dirección longitudinal,

5 de tal manera que el método comprende:

un primer procedimiento de conformación, en el que se utiliza lámina de acero de alta resistencia (90), con una resistencia a la tracción de entre 440 MPa y 1.600 MPa, y se dobla una parte de brida (4a) por una parte de intersección (5a), hasta que un ángulo de la parte de brida (4a) con una línea horizontal (H) se hace α_1 en un plano que incluye una línea horizontal (H) que une una parte de intersección (5a) de una parte de pared vertical (3a) y una parte de brida (4a), y un centro de curvatura de la parte doblada (10), y que es vertical con respecto a dicha lámina de acero de alta resistencia (90), cuando se forma la parte de lámina superior, las partes de pared vertical, la parte doblada y las partes de brida, y

10

un segundo procedimiento de conformación, en el que la parte de brida (4a), tras el primer procedimiento de conformación, se dobla adicionalmente por la parte de intersección (5a) hasta que el ángulo de la parte de brida (4a) con la línea horizontal (H) se hace α_2 en ese plano, y

15

en él, cuando el radio de curvatura de la parte doblada (10) en dicho plano es R_0 (mm), la longitud de las partes de brida (4a) es «b» (mm), el valor numérico que muestra el valor permisible de la deformación es ϵ_{cr} , y el módulo elástico y la resistencia a la tracción de dicha lámina de acero de alta resistencia (90) son E (MPa) y σ_T (MPa),

para α_1 α_2 , el sentido de rotación que parte de dicha línea horizontal (H), en la dirección en la que la parte de brida (4a) se mueve en alejamiento de la parte de lámina superior (2), se establece como positivo, y

20

$\alpha_1 > 0$, $\alpha_2 \geq 0$, $\alpha_1 - \alpha_2 > 0$, y $R_0 = 50$ mm a 2.000 mm, y $\epsilon_{cr} = 0$ a 0,023,

$\alpha_1 - \alpha_2$, es decir, el ángulo de doblamiento adicional β , se establece dentro de los siguientes intervalos:

Fórmula matemática 1

En la que

25
$$\cos^{-1} \left[\frac{b \cos \alpha_2 - \left(\frac{0,5\sigma_T}{E} + \epsilon_{cr} \right) R_0}{b \left\{ 1 - \left(\frac{0,5\sigma_T}{E} + \epsilon_{cr} \right) \right\}} \right] \leq 90^\circ ,$$

$$\cos^{-1} \left[\frac{b \cos \alpha_2 - \left(\frac{0,5\sigma_T}{E} \right) R_0}{b \left\{ 1 - \left(\frac{0,5\sigma_T}{E} \right) \right\}} \right] - \alpha_2 \leq \beta \leq \cos^{-1} \left[\frac{b \cos \alpha_2 - \left(\frac{0,5\sigma_T}{E} + \epsilon_{cr} \right) R_0}{b \left\{ 1 - \left(\frac{0,5\sigma_T}{E} + \epsilon_{cr} \right) \right\}} \right] - \alpha_2$$

y

Fórmula matemática 2

En la que

30
$$\cos^{-1} \left[\frac{b \cos \alpha_2 - \left(\frac{0,5\sigma_T}{E} + \epsilon_{cr} \right) R_0}{b \left\{ 1 - \left(\frac{0,5\sigma_T}{E} + \epsilon_{cr} \right) \right\}} \right] > 90^\circ ,$$

$$\cos^{-1} \left[\frac{b \cos \alpha_2 - \left(\frac{0,5\sigma_T}{E} \right) R_0}{b \left\{ 1 - \left(\frac{0,5\sigma_T}{E} \right) \right\}} \right] - \alpha_2 \leq \beta \leq 90^\circ - \alpha_2$$

2.- El método de conformación en prensa de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual dicha parte doblada (10) es un arco de curva con una curvatura que cambia de forma continua.

5 3.- El método de conformación en prensa de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el cual, al menos en uno de dicho primer procedimiento de conformación y dicho segundo procedimiento de conformación, uno de los troqueles situados de cara se divide en un mandril (55a; 55b) y un troquel de conformación parcial (56a; 56b), de tal manera que el mandril (55a; 55b) y el otro de dichos troqueles situados de cara presan la lámina de acero (90), y el troquel de conformación parcial (56a; 56b) y el otro de dichos troqueles situados de cara se utilizan para hacer que la lámina de acero (90) se deforme plásticamente.

10

FIG. 1

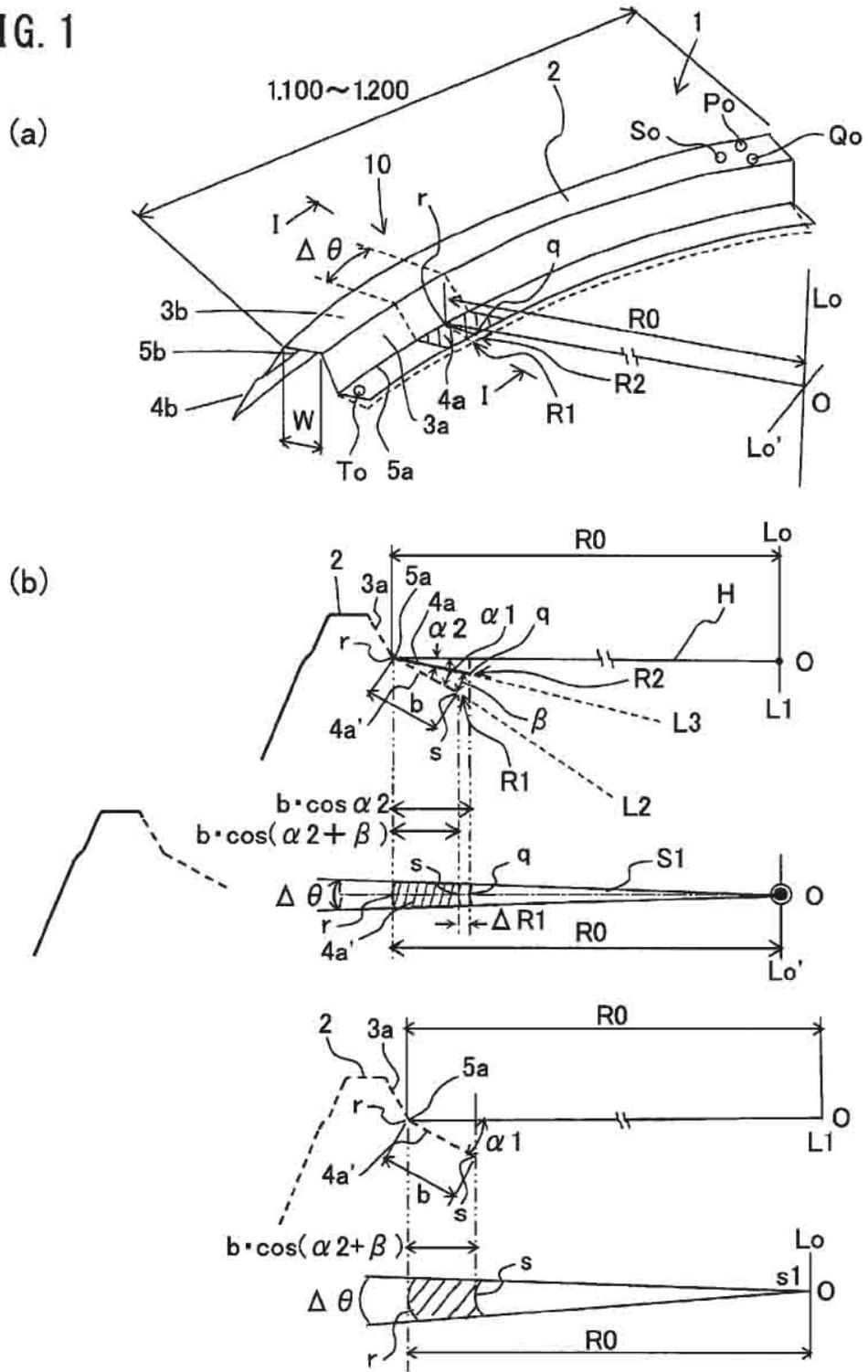


FIG. 2

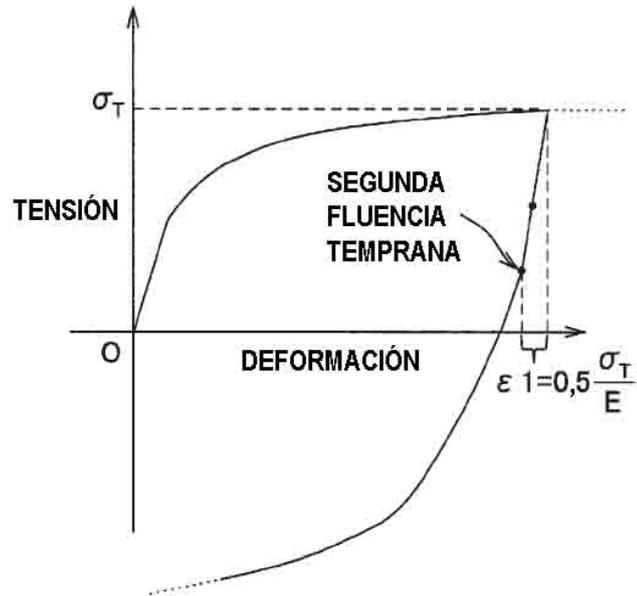


FIG. 3

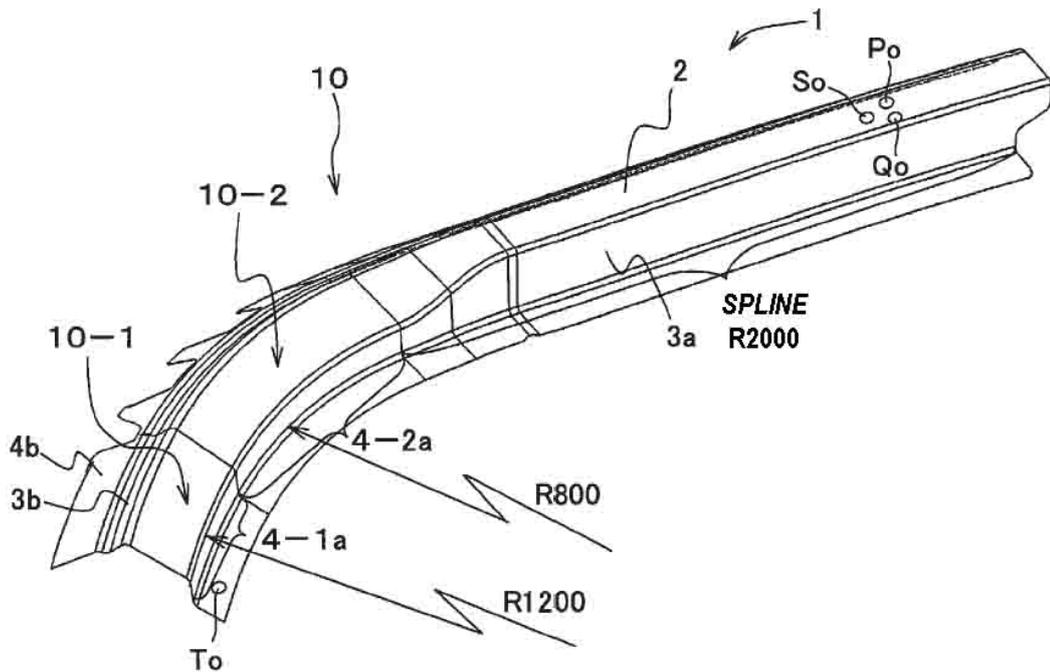


FIG. 4

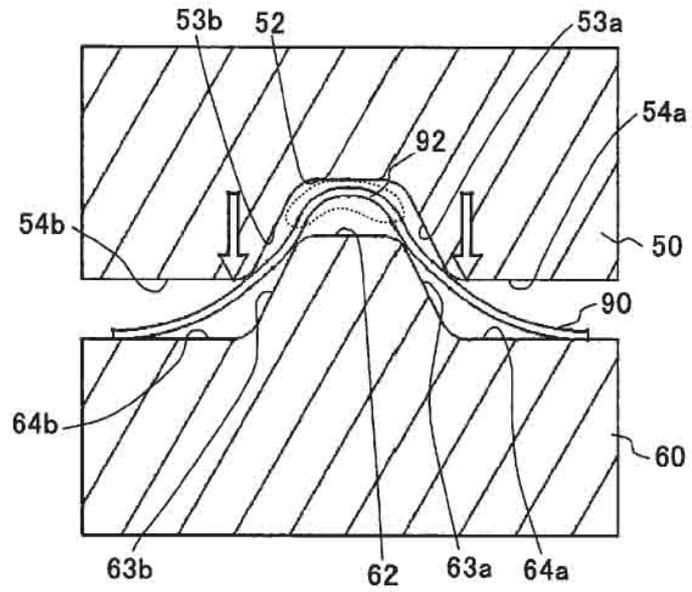


FIG. 5

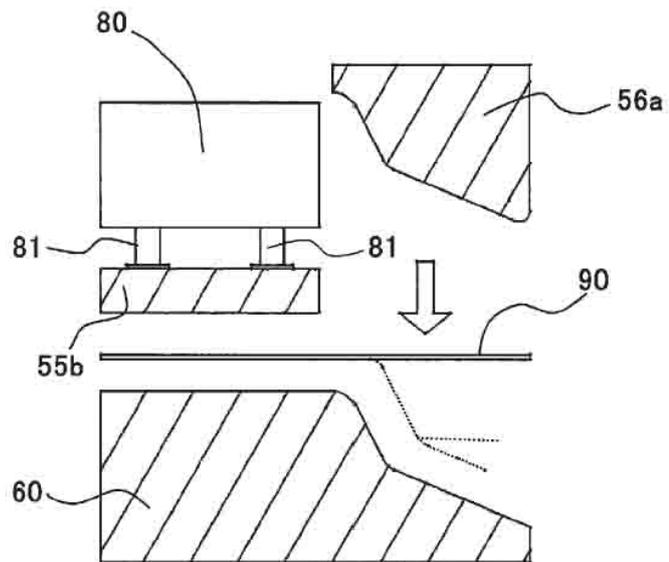


FIG. 6

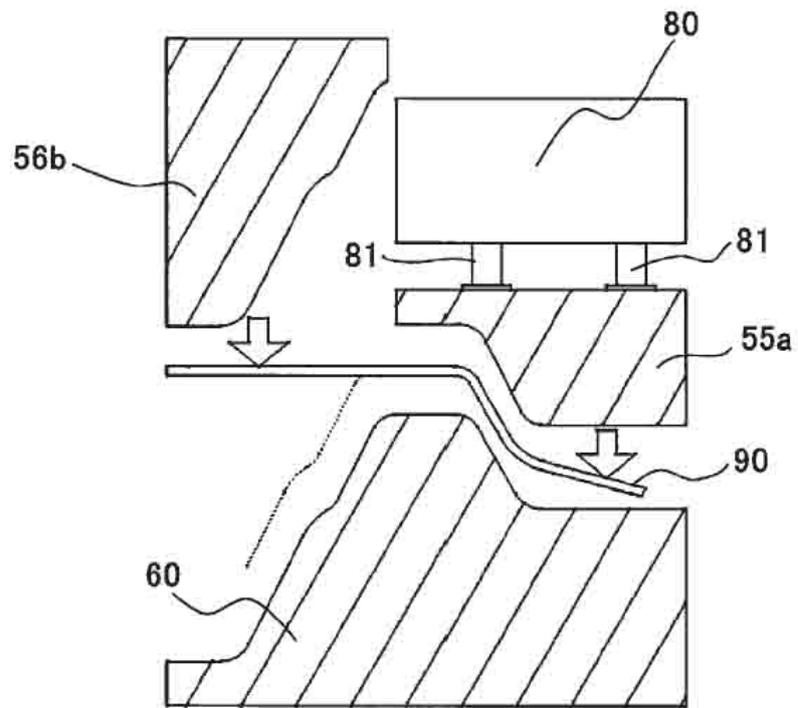


FIG. 7

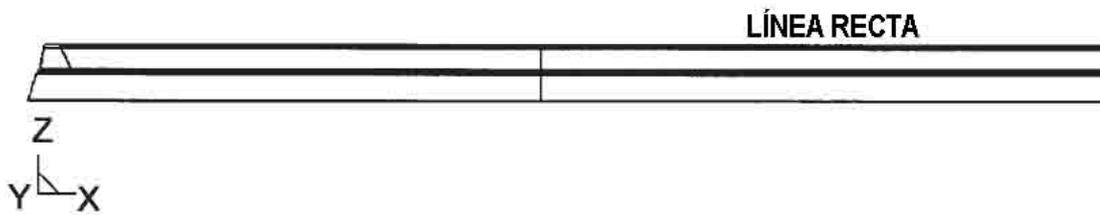
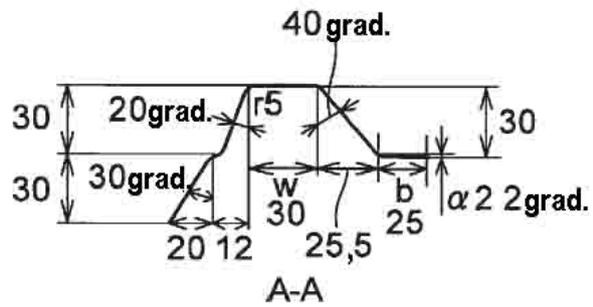
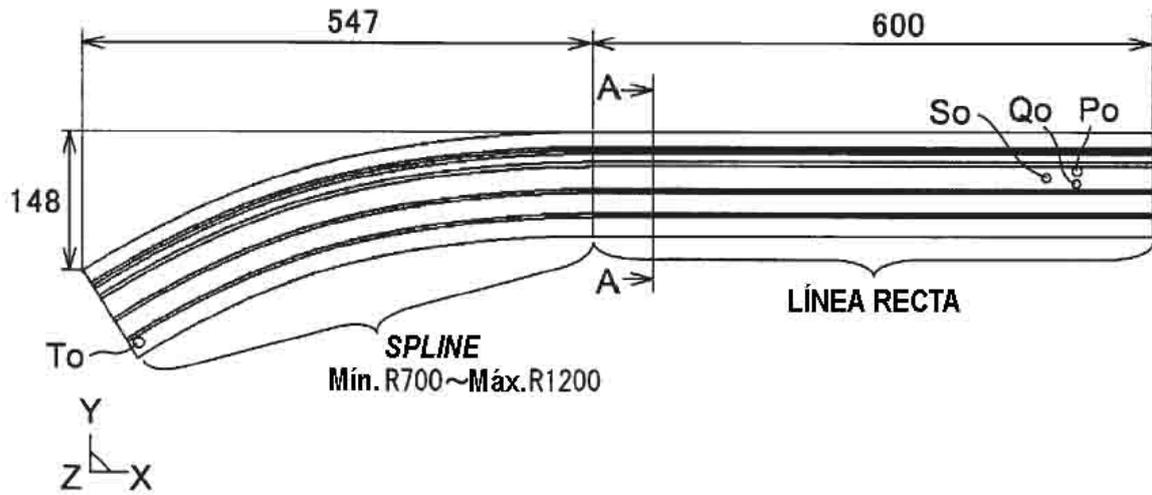


FIG. 8

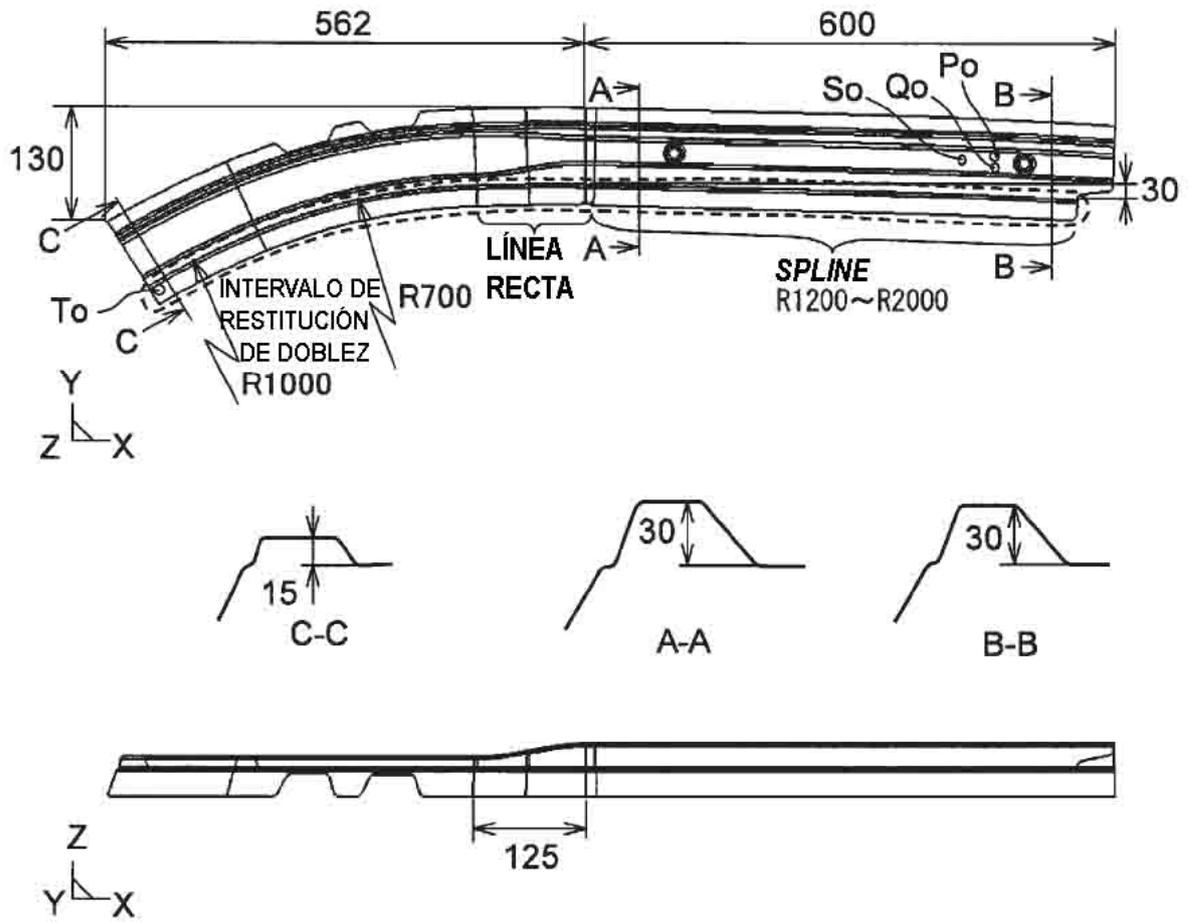


FIG. 9

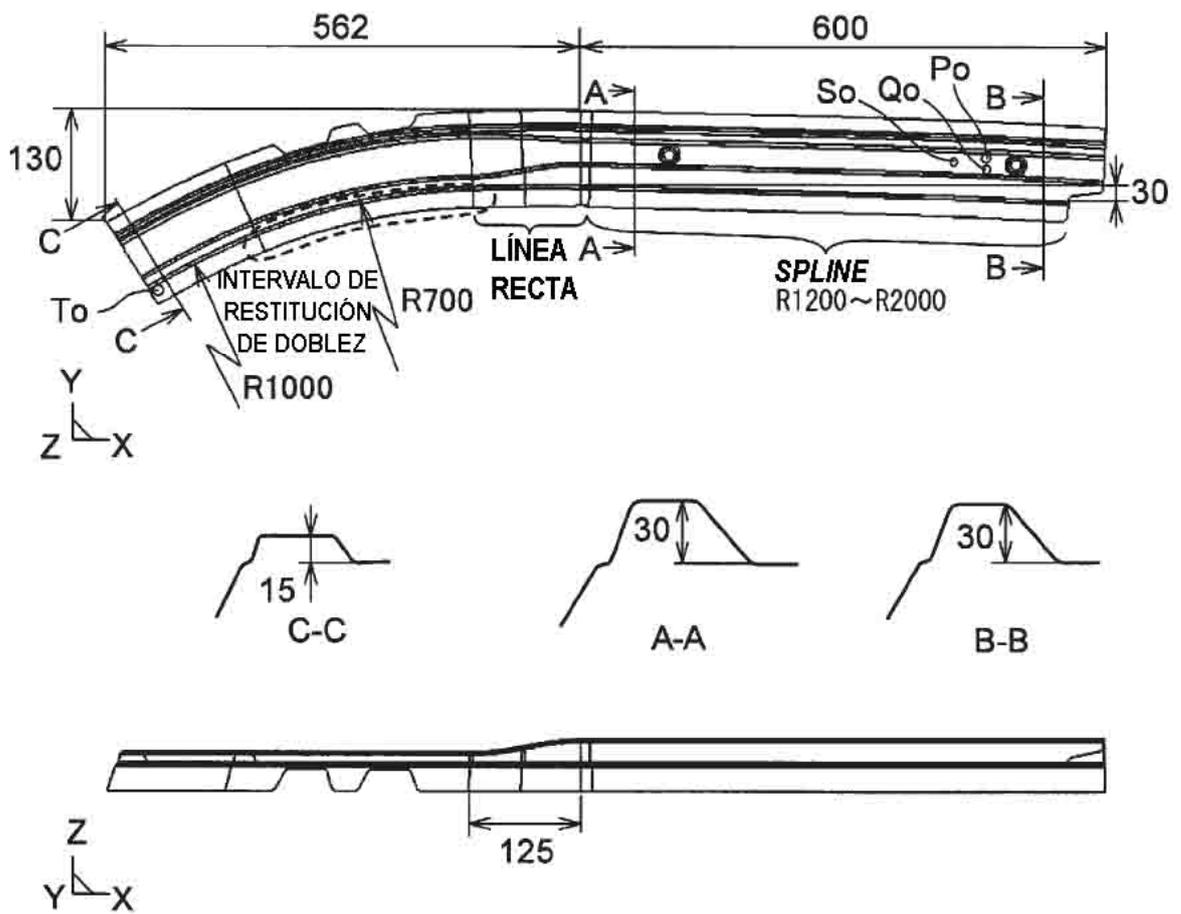


FIG. 10

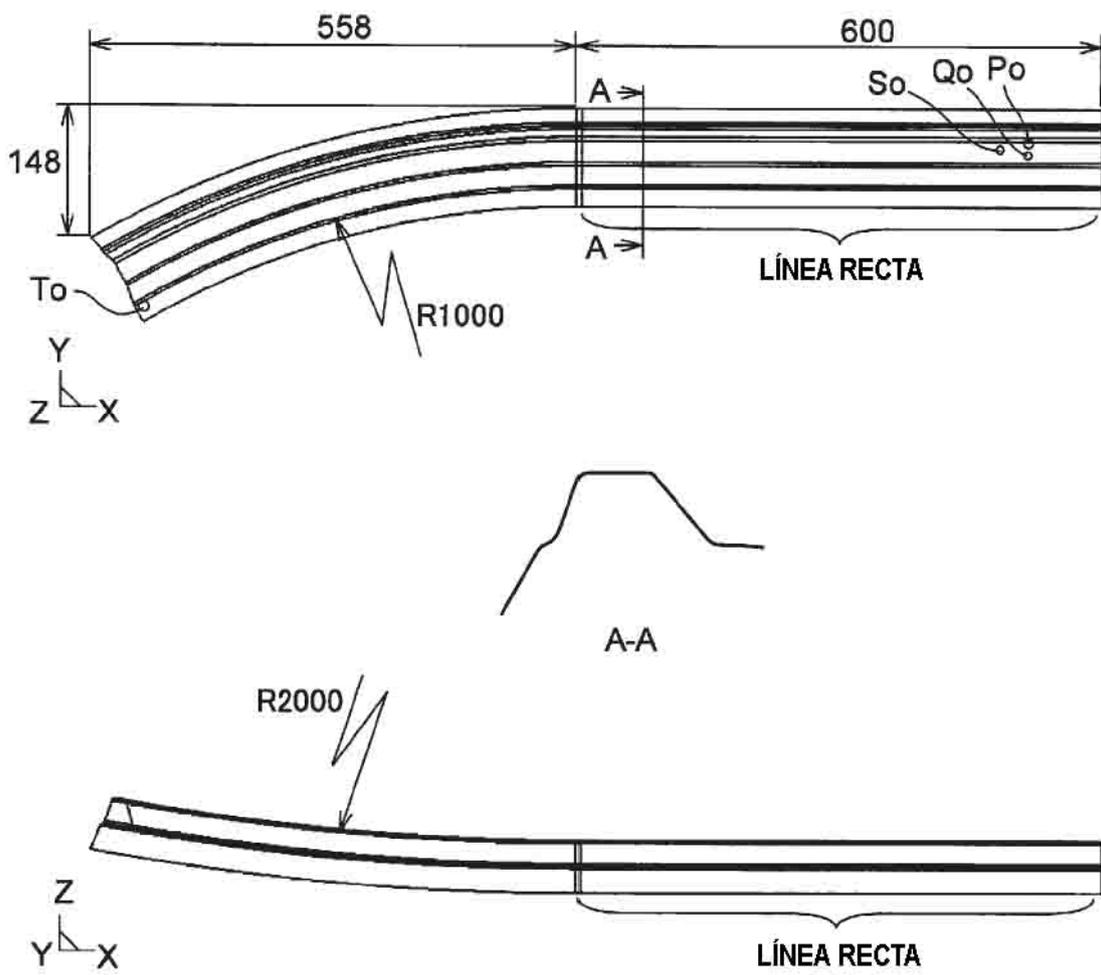


FIG. 11

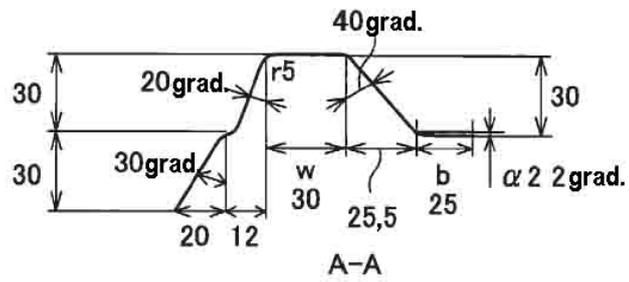
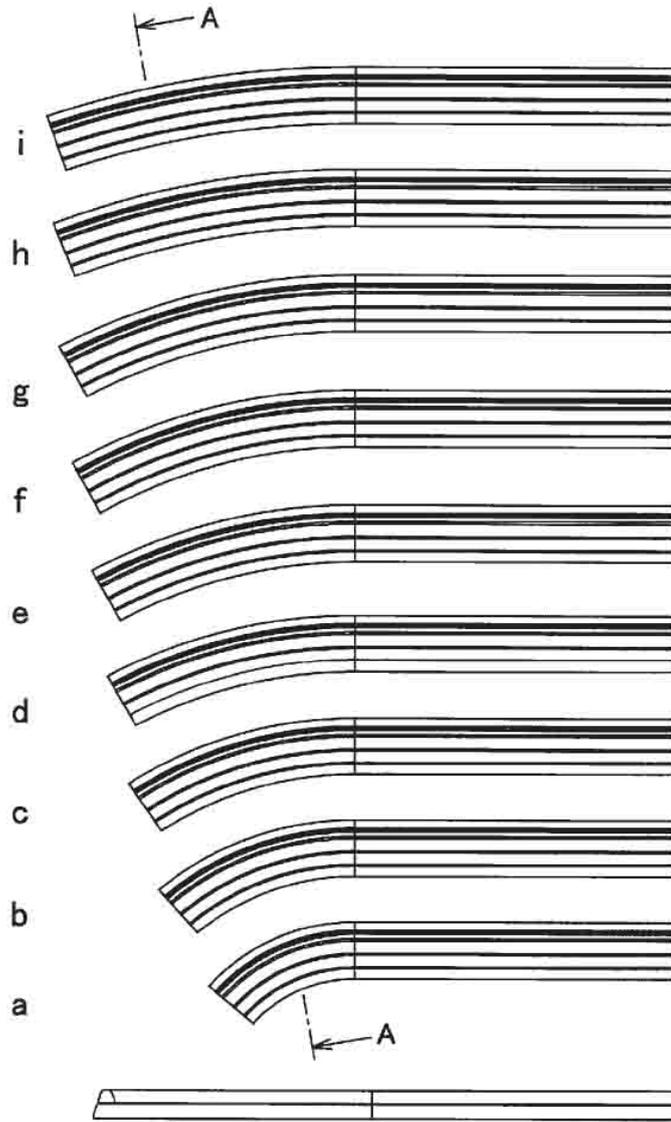


FIG. 12

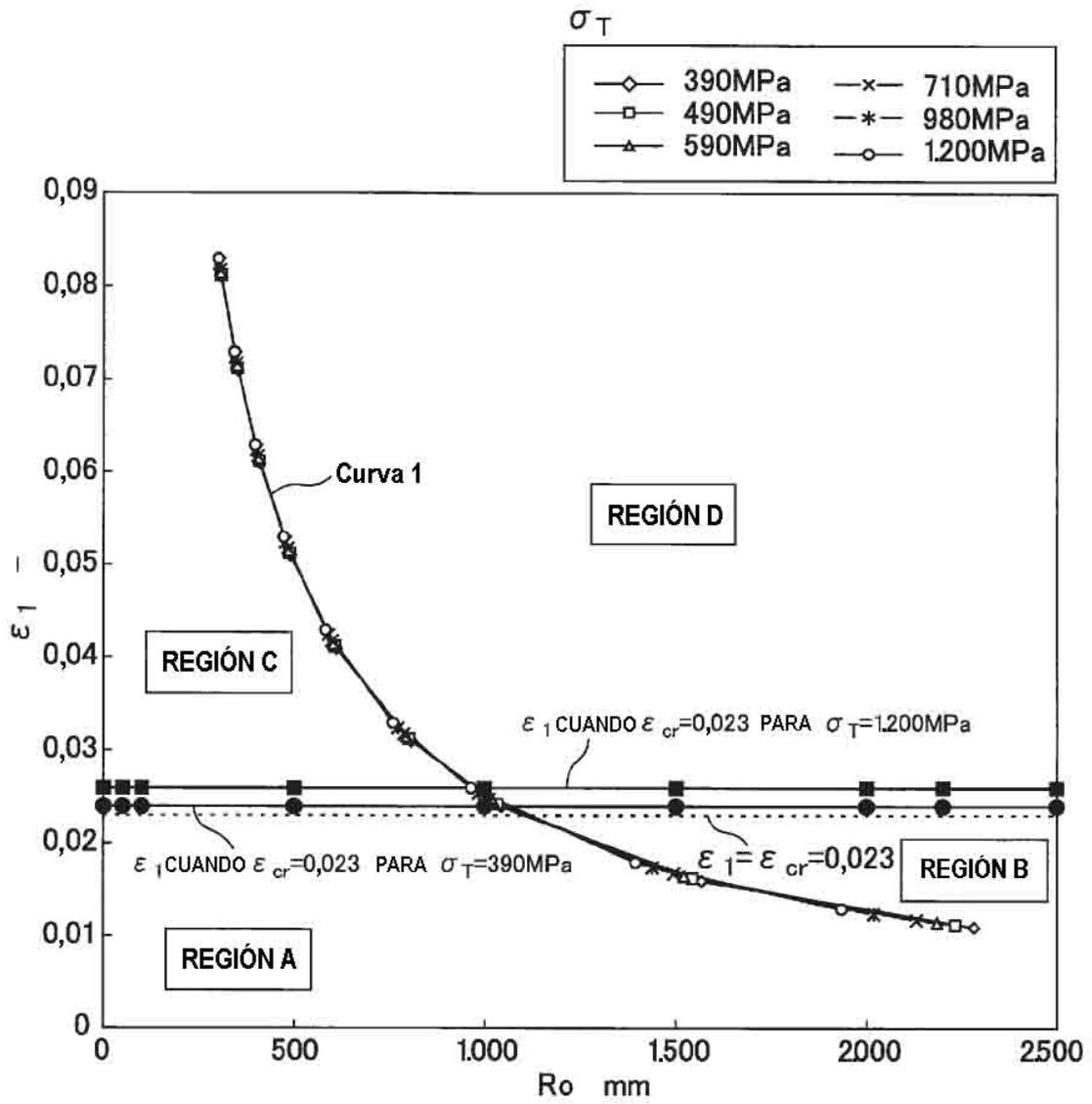


FIG. 13

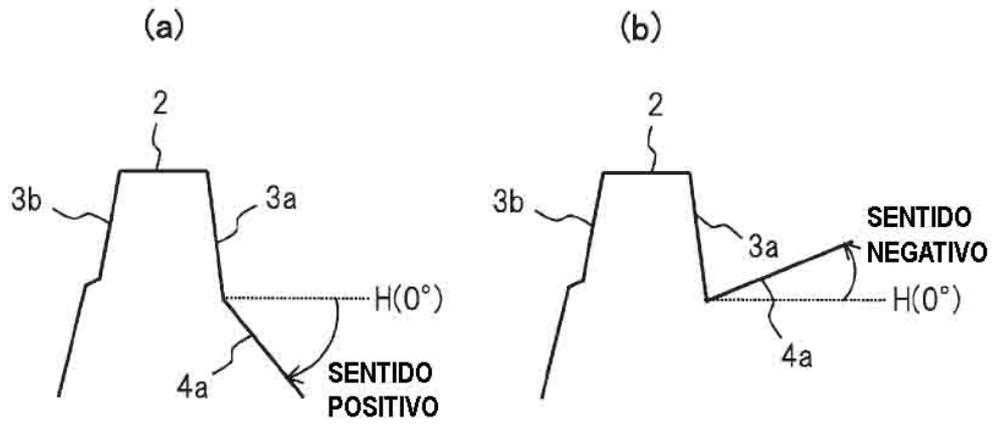


FIG. 14

