

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 774 475**

51 Int. Cl.:

**B21D 22/26** (2006.01)

**B21D 53/88** (2006.01)

**B21D 35/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.05.2016 PCT/JP2016/063867**

87 Fecha y número de publicación internacional: **01.12.2016 WO16190083**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.05.2016 E 16799791 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.01.2020 EP 3278896**

54 Título: **Producto formado en prensa y método para diseñar el mismo**

30 Prioridad:

**22.05.2015 JP 2015104700**

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

**21.07.2020**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**SAITO, MASAHIRO;  
NAKAZAWA, YOSHIAKI;  
OTSUKA, KENICHIRO;  
ITO, YASUHIRO;  
YASUYAMA, MASANORI y  
TOKUNAGA, MASATOSHI**

74 Agente/Representante:

**PONS ARIÑO, Ángel**

ES 2 774 475 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

Producto formado en prensa y método para diseñar el mismo

5 **Campo técnico**

La presente invención se refiere a un producto formado en prensa (posteriormente en el presente documento, también denominado simplemente como un "producto formado") que es conformado a partir de un material de partida de lámina de metal por trabajo de prensado. En concreto, la presente invención se refiere a un producto formado en prensa de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1, que incluye una sección de brida que es formada por deformación de brida por estiramiento, y un método para diseñar el producto formado de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 7.

15 **Antecedentes de la técnica**

Para los componentes de armazón de automóvil (posteriormente en el presente documento, también denominados simplemente "componentes de armazón") que constituyen la carrocería de un automóvil, se han realizado esfuerzos para promover una reducción de peso y una mejora funcional (por ejemplo, una mejora del desempeño anticolidión). Para ese fin, se usa una pieza en bruto a medida como material de partida para un componente de armazón. La pieza en bruto a medida está compuesta por una pluralidad de láminas de metal integradas unidas (por ejemplo, soldadas a tope) juntas, en donde la pluralidad de láminas de metal son diferentes entre sí en cuanto a resistencia a la tracción, grosores de lámina y similares. Posteriormente en el presente documento, una pieza en bruto a medida de este tipo también se denomina TWB. Un producto formado en prensa se obtiene sometiendo a trabajo de prensado una TWB. Un producto formado en prensa se somete, según sea necesario, a recortes, repunteo o similares, terminándose de ese modo para dar una forma deseada.

Por ejemplo, un pilar frontal y un estribo lateral son cada uno un cuerpo complejo de componentes de armazón. El pilar frontal está dispuesto en un lado delantero de la carrocería de un vehículo, y se extiende verticalmente. El estribo lateral está dispuesto en una porción inferior de la carrocería de vehículo, y se extiende en una dirección de delante hacia atrás. Una sección de extremo inferior del pilar frontal y una sección de extremo delantero del estribo lateral están acopladas entre sí. En el presente caso, algunas estructuras del pilar frontal pueden adoptar una estructura que se divida en secciones superior e inferior. En este caso, la sección superior se denomina una parte superior de pilar frontal, y la sección inferior una parte inferior de pilar frontal. Una sección de extremo inferior de la parte superior de pilar frontal y una sección de extremo superior de la parte inferior de pilar frontal están acopladas entre sí.

La parte inferior de pilar frontal incluye, como componentes de armazón, por ejemplo, una parte inferior - exterior de pilar frontal (posteriormente en el presente documento, también denominada simplemente una "parte exterior"), una parte inferior - interior de pilar frontal (posteriormente en el presente documento, también denominada simplemente una "parte interior"), y un refuerzo inferior de pilar frontal (posteriormente en el presente documento, también denominado simplemente un "refuerzo"). La parte exterior está dispuesta en el lado exterior en la dirección del ancho del vehículo. La parte interior está dispuesta en el lado interior en la dirección del ancho del vehículo. El refuerzo está dispuesto entre la parte exterior y la parte interior. Entre ellas, la parte exterior está curvada en forma de L a lo largo de la dirección longitudinal, y tiene una sección transversal en forma de sombrero a lo largo de todo el intervalo en la dirección longitudinal. Habitualmente, la parte exterior es un producto formado en prensa.

Las figuras 1A y 1B son diagramas esquemáticos para mostrar un ejemplo de una parte inferior - exterior de pilar frontal es un producto formado en prensa. De estas figuras, la figura 1A muestra una vista en planta, y la figura 1B muestra una vista en sección transversal A - A de la figura 1A. Obsérvese que, para ayudar a comprender la forma, el lado que se va a acoplar al estribo lateral se designa con el símbolo "S", y el lado que se va a acoplar a la parte superior de pilar frontal se designa con el símbolo "U".

Como se muestra en la figura 1A, la parte inferior - exterior de pilar frontal 10 incluye una región curvada (véase un área rodeada por una línea de cadena de dos puntos en la figura 1A) 13 que está curvada en forma de L a lo largo de la dirección longitudinal, y una primera región 11 y una segunda región 12, que están conectadas respectivamente a ambos extremos de la región curvada 13. La primera región 11 se extiende de forma recta desde la región curvada 13 hacia atrás en la dirección de desplazamiento de un automóvil para acoplarse al estribo lateral. La segunda región 12 se extiende de forma recta hacia arriba desde la región curvada 13 para acoplarse a la parte superior de pilar frontal.

Como se muestra en la figura 1B, la forma en sección transversal de la parte exterior 10 es una forma de sombrero a lo largo de todo el intervalo en la dirección longitudinal desde un extremo que se acoplará a la parte superior de pilar frontal a un extremo que será acoplado al estribo lateral. Por lo tanto, cada una de la región curvada 13, la primera región 11 y la segunda región 12, que constituyen la parte exterior 10, incluye una sección de placa superior 10a, una primera sección de pared vertical 10b, una segunda sección de pared vertical 10c, una primera sección de brida 10d, y una segunda sección de brida 10e. La primera sección de pared vertical 10b está conectada con toda la

longitud del lado que forma el lado interior de la curva de ambas secciones laterales de la sección de placa superior 10a. La segunda sección de pared vertical 10c está conectada con toda la longitud del lado que forma el lado exterior de la curva de las dos secciones laterales de la sección de placa superior 10a. La primera sección de brida 10d está conectada con la primera sección de pared vertical 10b. La segunda sección de brida 10e está conectada con la segunda sección de pared vertical 10c.

Es posible usar una TWB para la producción de dicha parte exterior inferior de pilar frontal 10. Con respecto al método para conformar un producto formado en prensa a partir de la TWB, están disponibles las siguientes técnicas convencionales.

La solicitud de patente japonesa con n.º de publicación 2006-198672 (la literatura de patente 1) describe una técnica para mitigar la carga que actúa sobre la proximidad de una línea de soldadura de una TWB en el momento del trabajo de prensado. En esta técnica, la TWB está provista con un corte deprimido en una ubicación ligeramente separada de la línea de soldadura. La literatura de patente 1 describe que en el momento del trabajo de prensado, la deformación que se produce en las proximidades de la línea de soldadura se dispersa por el corte deprimido, mejorando de este modo la capacidad de conformación del producto formado.

La solicitud de patente japonesa con n.º de publicación 2001-1062 (la literatura de patente 2) describe una técnica para aplicar trabajo de prensado sobre una TWB que está compuesta por dos láminas de metal que cada una tiene una resistencia a la tracción y un grosor de lámina diferentes. En esta técnica, una línea de soldadura de la TWB está dispuesta en una porción donde se produciría un gradiente de deformación cuando una sola lámina de metal, que no fuera una TWB, fuera prensada. Entonces, una lámina de metal que tiene una mayor resistencia es dispuesta en el lado de mayor deformación, y una lámina de metal que tiene una resistencia más baja es dispuesta en el lado de menor deformación. Como resultado de esto, la deformación se reducirá en trabajos de prensado tales como embutición profunda, abombamiento y similares. La literatura de patente 2 describe que, como resultado de ello, se suprime el agrietamiento del metal base que se produce en la lámina de metal en el lado de menor resistencia, mejorando de este modo la capacidad de conformación del producto formado.

La solicitud de patente japonesa con n.º de publicación 2002-20854 (la literatura de patente 3) describe una técnica para aplicar trabajo de prensado sobre una TWB que está compuesta por dos láminas de metal que tienen niveles similares de resistencia a la tracción y ductilidad. En esta técnica, una región específica en un producto formado obtenido por trabajo de prensado se somete a un tratamiento térmico tal como nitruración, fortaleciendo de ese modo la región específica. La literatura de patente 3 describe que, debido a que la resistencia a la deformación de la lámina de metal es uniforme en el momento del trabajo de prensado antes del tratamiento térmico, se mejora la capacidad de conformación del producto formado.

## Lista de citas

### Literatura de patente

Literatura de patente 1: Publicación de solicitud de patente de Japón n.º 2006-198672  
 Literatura de patente 2: Publicación de solicitud de patente de Japón n.º 2001-1062  
 Literatura de patente 3: Publicación de solicitud de patente de Japón n.º 2002-20854

## Sumario de la invención

### Problema técnico

Cuando se lleva a cabo trabajo de prensado, una porción de la pieza en bruto (lámina de metal) puede sufrir una deformación de brida por estiramiento dependiendo de la forma del producto formado en prensa. La deformación de brida por estiramiento se refiere a una forma de deformación en la que una herramienta de trabajo (herramienta de prensado) se introduce y se mueve en una pieza en bruto, la pieza en bruto se estira en una dirección a lo largo de la dirección de movimiento de la herramienta de trabajo mientras la herramienta de trabajo (herramienta de prensado) se mueve dentro la pieza en bruto, y al mismo tiempo se estira en una dirección circunferencial perpendicular a la dirección de movimiento.

Por ejemplo, como se muestra en las figuras 1A y 1B, un producto formado en prensa (parte inferior - exterior de pilar frontal 10), que se curva en forma de L a lo largo de la dirección longitudinal, y tiene una sección transversal en forma de sombrero, se produce mediante el uso de un troquel y un punzón como la herramienta de trabajo. En la producción de un producto formado en prensa, se usa un soporte en pieza en bruto según sea necesario. El soporte de pieza en bruto está dispuesto adyacente a un punzón. Cuando se lleva a cabo el trabajo de prensado, una sección de borde de la pieza en bruto se mantiene entre el soporte de pieza en bruto y el troquel, de tal modo que se suprime la deformación irregular de la pieza en bruto. Además, en la producción de un producto formado en prensa, se puede usar una almohadilla. La almohadilla está dispuesta en oposición a un punzón dentro de un troquel. Cuando se lleva a cabo el trabajo de prensado, la pieza en bruto se mantiene entre la almohadilla y el punzón, suprimiendo de ese modo la deformación irregular de la pieza en bruto.

5 Cuando se forma un producto formado en prensa mostrado en las figuras 1A y 1B descritas anteriormente, un área en forma de arco 14 en el lado interior de la curva de la región curvada 13 en el área de la primera sección de brida 10d se estira en una dirección radial de un arco (una dirección de ancho de la región curvada) y, al mismo tiempo, se estira en la dirección circunferencial del arco (una dirección longitudinal de la región curvada). Es decir, el área en forma de arco 14 es formada por deformación de brida por estiramiento.

10 Convencionalmente, cuando se produce un producto formado en prensa mediante el uso de una TWB, se ha dispuesto una línea de soldadura de la TWB para evitar un área que sufre deformación de brida por estiramiento (posteriormente en el presente documento también denominado "campo de deformación de brida por estiramiento"). Esto se debe a que si la línea de soldadura está dispuesta en un campo de deformación de brida por estiramiento, se produce un agrietamiento entre la línea de soldadura y la lámina de metal de base debido al hecho de que la resistencia a la deformación es diferente entre el metal soldado y la lámina de metal de base.

15 Por lo tanto, convencionalmente, la posición para deponer la línea de soldadura en el producto formado en prensa mostrado en las figuras 1A y 1B descritas anteriormente se ha limitado a un área de la primera región 11 en el lado del estribo lateral S, o un área de la segunda región 12 del lado de la parte superior de pilar frontal U. Esto se debe a que el área de la región curvada 13 incluye el área en forma de arco 14 que se convierte en un campo de deformación de brida por estiramiento. Por lo tanto, el grado de libertad para diseñar un producto formado en prensa usando una TWB es limitado.

20 Con respecto a tales problemas, en la técnica de la literatura de patente 1, un corte deprimido provisto en la TWB permanece en el producto formado después del trabajo de prensado. Por esa razón, es inevitable eliminar el corte deprimido recortando. En ese caso, es difícil reducir las etapas de producción.

25 En la técnica de la literatura de patente 2, es necesario disponer una lámina de metal que tenga una mayor resistencia en el lado de mayor deformación, y una lámina de metal que tenga una resistencia menor en el lado de la menor deformación. Por lo tanto, existe el riesgo de que la reducción de peso y la mejora funcional se vean obstaculizadas. Además, con respecto a la posición para disponer la línea de soldadura de TWB, la literatura de patente 2 solo proporciona la siguiente descripción. La línea de soldadura de TWB está dispuesta en una porción, 5 a 10 mm o más lejos, y dentro de 200 mm o menos, desde una ubicación donde se produce el agrietamiento cuando se trabaja en prensa con una sola pieza en bruto.

30 En la técnica de la literatura de patente 3, es necesario aplicar un tratamiento térmico tal como nitruración a un producto formado después del trabajo de prensado. Por lo tanto, no solo se impone una cantidad excesiva del costo del tratamiento térmico, sino que también aumentará el número de etapas de producción.

35 En resumen, cualquiera de las técnicas de las literaturas de patente 1 a 3 no puede lograr fácilmente la mejora del grado de libertad para diseñar un producto formado en prensa.

40 La presente invención se ha hecho en vista de las situaciones descritas anteriormente. Un objeto de la presente invención es proporcionar un producto formado en prensa que tenga la siguiente característica y un método para diseñar el mismo:

45 Para mejorar el grado de libertad para diseñar un producto formado en prensa que se configura a partir de una TWB.

### **Solución al problema**

50 Un producto formado en prensa de acuerdo con la presente invención comprende una pieza en bruto a medida compuesta por una pluralidad de láminas de metal soldadas a tope entre sí de acuerdo con la reivindicación 1. El producto formado en prensa incluye una sección de brida, y un área en forma de arco en la que un borde periférico interior está abierto en el área de la sección de brida. Una línea de soldadura de la pieza en bruto hecha a medida se cruza con el borde periférico interior del área en forma de arco, y un borde periférico exterior del área en forma de arco. Un ángulo formado por la línea de soldadura y una dirección de deformación principal máxima es de 17 a 84°.

55 El método de diseño de acuerdo con la presente invención es un método para diseñar el producto formado en prensa descrito anteriormente de acuerdo con la reivindicación 7. Al diseñar el producto formado en prensa, la línea de soldadura se dispone de tal modo que, durante el trabajo de prensado, una diferencia relativa entre la deformación  $d_{\epsilon_{WLY}}$  en la dirección a lo largo de la línea de soldadura en el centro en la dirección de ancho de la línea de soldadura y la deformación  $d_{\epsilon_{BMY}}$  en la dirección a lo largo de la línea de soldadura en las proximidades de la línea de soldadura de la lámina de metal es no mayor que 0,030.

### **Efectos ventajosos de la invención**

65 Un producto formado en prensa de la presente invención y un método para diseñar el mismo tienen el siguiente efecto destacado:

Efecto de la habilitación para mejorar el grado de libertad para diseñar un producto formado en prensa que es

configurado a partir de una TWB.

**Breve descripción de los dibujos**

- 5 [Figura 1A] La figura 1A es una vista en planta para mostrar esquemáticamente un ejemplo de un parte inferior - exterior de pilar frontal que es un producto formado en prensa.  
[Figura 1B] La figura 1B es una vista en sección transversal A - A de la figura 1A.
- [Figura 2] La figura 2 es una vista en planta para mostrar esquemáticamente un ejemplo de un parte inferior - exterior de pilar frontal como un producto formado en prensa de la presente realización.
- 10 [Figura 3] La figura 3 es una vista en planta para mostrar esquemáticamente una TWB que se usa cuando se produce la parte inferior - exterior de pilar frontal mostrada en la figura 2.  
[Figura 4] La figura 4 es una vista en perspectiva ampliada para mostrar un área en el lado interior de la curva de una región curvada en la parte inferior - exterior de pilar frontal mostrada en la figura 2.
- [Figura 5] La figura 5 es un diagrama esquemático para mostrar una situación de aparición de deformación en un campo de deformación de brida por estiramiento.
- 15 [Figura 6A] La figura 6A es una vista en perspectiva para mostrar un modelo de análisis que incluye una herramienta de prensado, en donde se muestra esquemáticamente un contorno de un análisis de FEM llevado a cabo para investigar la disposición de una línea de soldadura en un campo de deformación por esfuerzo plana (campo de deformación de brida por estiramiento).
- [Figura 6b] La figura 6B es una vista en planta para mostrar la forma de la pieza en bruto en el modelo de análisis de la figura 6A.  
[Figura 6C] La figura 6C es una vista en perspectiva para mostrar la forma de un producto formado que se forma mediante el uso del modelo de análisis de la figura 6A.
- [Figura 7] La figura 7 es una vista en perspectiva para mostrar un producto formado en prensa por una prueba de expansión de orificio, que se lleva a cabo para investigar la disposición de la línea de soldadura en un campo de deformación por tracción uniaxial (campo de deformación de brida por estiramiento).
- 25 [Figura 8] La figura 8 es un diagrama esquemático para mostrar una situación de aparición de deformación en la deformación de brida por estiramiento del producto formado en prensa mostrado en la figura 7.  
[Figura 9] La figura 9 es un diagrama para mostrar una correlación entre un ángulo  $\gamma$  de la línea de soldadura y un valor de  $r$  de la lámina de metal de base.
- 30 [Figura 10] La figura 10 es una vista en sección transversal para mostrar esquemáticamente un contorno de una prueba de expansión de orificio.  
[Figura 11] La figura 11 es una vista en planta para mostrar una TWB usada en la prueba de expansión de orificio.
- 35 [Figura 12A] La figura 12A es una fotografía para mostrar el aspecto de un producto formado en prensa representativo por una prueba de expansión de orificio, que muestra un caso en el que un segundo ángulo de línea de soldadura  $\gamma$  es de aproximadamente  $43^\circ$ .  
[Figura 12B] La figura 12B es una fotografía para mostrar el aspecto de un producto formado en prensa representativo por una prueba de expansión de orificio, que muestra un caso en el que el segundo ángulo de línea de soldadura  $\gamma$  es de aproximadamente  $58^\circ$ .
- 40 [Figura 12C] La figura 12C es una fotografía para mostrar el aspecto de un producto formado en prensa representativo por una prueba de expansión de orificio, que muestra un caso en el que el segundo ángulo de línea de soldadura  $\gamma$  es de aproximadamente  $68^\circ$ .  
[Figura 12D] La figura 12D es una fotografía para mostrar el aspecto de un producto formado en prensa representativo por una prueba de expansión de orificio, que muestra un caso en el que el segundo ángulo de línea de soldadura  $\gamma$  es de aproximadamente  $90^\circ$ .
- 45 [Figura 13] La figura 13 es una vista en planta para mostrar esquemáticamente un contorno de una prueba de colisión.  
[Figura 14A] La figura 14A es una vista en planta para mostrar una parte inferior - exterior de pilar frontal del ejemplo comparativo 1 usada en una prueba de colisión.
- 50 [Figura 14B] La figura 14B es una vista en planta para mostrar una parte inferior - exterior de pilar frontal del ejemplo inventivo 1 de la presente invención usada en la prueba de colisión.  
[Figura 14C] La figura 14C es una vista en planta para mostrar una parte inferior - exterior de pilar frontal del ejemplo comparativo 2 usada en la prueba de colisión.
- 55 [Figura 15A] La figura 15A es un diagrama para mostrar los resultados de prueba de una prueba de colisión, en la que se muestra la energía absorbida por una parte inferior - exterior de pilar frontal.  
[Figura 15B] La figura 15B es un diagrama para mostrar los resultados de prueba de una prueba de colisión, en donde se muestra la energía absorbida por unidad de volumen por la parte inferior - exterior de pilar frontal.
- [Figura 16A] La figura 16A es un diagrama esquemático para mostrar una forma de la pieza en bruto usada en la formación en prensa como el ejemplo comparativo 3, y una forma de la lámina de metal antes del trabajo de recorte que se usa para hacer la pieza en bruto.
- 60 [Figura 16B] La figura 16B es un diagrama esquemático para mostrar una forma de la pieza en bruto usada en la formación en prensa como el ejemplo comparativo 4, y una forma de la lámina de metal antes del trabajo de recorte que se usa para hacer la pieza en bruto.
- 65 [Figura 16C] La figura 16C es un diagrama esquemático para mostrar una forma de la pieza en bruto usada en la formación en prensa como el ejemplo inventivo 2 de la presente invención, y una forma de la lámina de metal

antes del trabajo de recorte que se usa para hacer la pieza en bruto.

[Figura 16D] La figura 16D es un diagrama esquemático para mostrar una forma de la pieza en bruto usada en la formación en prensa como el ejemplo comparativo 5, y una forma de la lámina de metal antes del trabajo de recorte que se usa para hacer la pieza en bruto.

[Figura 17] La figura 17 es un diagrama para mostrar un área de la pieza en bruto que se elimina por trabajo de recorte para cada uno del ejemplo inventivo 2 de la presente invención y los ejemplos comparativos 3 a 5.

[Figura 18] La figura 18 es un diagrama para mostrar un ejemplo de una relación entre una proporción  $\chi$  de la deformación en dirección de línea de soldadura  $WL_{d_{WL}Y}$  con respecto a la deformación principal máxima  $d_{ex}$ , y una relación de deformación  $\beta$ .

## Descripción de realizaciones

Con el fin de lograr los objetos descritos anteriormente, los inventores de la presente invención han llevado a cabo diversas pruebas, realizando de ese modo una investigación diligente. Como resultado de ello, han obtenido los siguientes hallazgos. Cuando se produce un producto formado en prensa a partir de una TWB por trabajo de prensado, si la línea de soldadura simplemente se dispone en un campo de deformación de brida por estiramiento, se produce agrietamiento en las proximidades de la línea de soldadura, deteriorando de ese modo la capacidad de conformación del producto formado. Sin embargo, incluso cuando la línea de soldadura es dispuesta en el campo de deformación de brida por estiramiento, establecer correctamente la posición de la línea de soldadura permite suprimir la aparición de grietas, garantizando de este modo la capacidad de conformación del producto formado. Como resultado de ello, es posible mejorar el grado de libertad para diseñar un producto formado en prensa usando una TWB.

El producto formado en prensa de la presente invención y el método para diseñar el mismo se completan con base en los hallazgos descritos anteriormente.

El producto formado en prensa de acuerdo con una realización de la presente invención comprende una pieza en bruto a medida compuesta por una pluralidad de láminas de metal soldadas a tope entre sí. El producto formado en prensa incluye una sección de brida, y un área en forma de arco en la que un borde periférico interior está abierto en el área de la sección de brida. La línea de soldadura de la pieza en bruto a medida se cruza con el borde periférico interior del área en forma de arco y un borde periférico exterior del área en forma de arco. Un ángulo formado por la línea de soldadura y una dirección de deformación principal máxima es de 17 a 84°. En un ejemplo habitual, el producto formado en prensa es conformado por trabajo de prensado. En ese momento, el área en forma de arco es formada por una deformación de brida por estiramiento. La dirección de deformación principal máxima es una dirección de deformación principal máxima de la deformación de brida por estiramiento.

En el producto formado en prensa descrito anteriormente, el ángulo formado por la línea de soldadura y una línea tangencial del borde periférico interior en un punto de intersección entre la línea de soldadura y el borde periférico interior es preferiblemente de 40 a 75°.

En el producto formado en prensa descrito anteriormente, es preferible que el número de láminas de metal para componer la pieza en bruto a medida sea dos, y las dos láminas de metal sean diferentes entre sí en al menos uno de la resistencia a la tracción y el grosor de lámina.

En el caso de este producto formado en prensa, se puede adoptar la siguiente configuración. El producto formado en prensa es un componente de armazón de automóvil que está curvado en forma de L a lo largo de la dirección longitudinal. El componente de armazón tiene una sección transversal en forma de sombrero a lo largo de todo el intervalo en la dirección longitudinal. El componente de armazón incluye una región curvada, curvada a lo largo de su dirección longitudinal, y una primera región y una segunda región, que se extienden respectivamente desde ambos extremos de la región curvada. El componente de armazón es un componente que se supone que es sujeto a una carga de colisión a lo largo de una dirección extendida de la primera región. El área en forma de arco es una sección de brida en el lado interior de curva de la región curvada. El grosor de la lámina de la lámina de metal dispuesta en el lado de la primera región es mayor que el grosor de lámina de la lámina de metal dispuesta en el lado de la segunda región.

En el caso de un producto formado en prensa que ha adoptado tales configuraciones, puede adoptarse la siguiente configuración. El componente de armazón es una parte inferior - exterior de pilar frontal. La primera región está acoplada a un estribo lateral, y la segunda región está acoplada a una parte superior de pilar frontal.

En un producto formado en prensa que ha adoptado una configuración de este tipo, un valor de multiplicación de una resistencia a la tracción y un grosor de lámina de la lámina de metal dispuesta en el lado de la primera región es sustancialmente igual a un valor de multiplicación de una resistencia a la tracción y un grosor de lámina de la lámina de metal dispuesta en el lado de la segunda región. En un ejemplo habitual, una diferencia entre esos valores de multiplicación es no mayor que 600 mm·MPa.

El método de diseño de acuerdo con una realización de la presente invención dispone la línea de soldadura para

estar en el siguiente estado, cuando se diseñe el producto formado en prensa descrito anteriormente. Durante el trabajo de prensado, una diferencia relativa entre una deformación  $d_{\epsilon_{WLY}}$  en la dirección a lo largo de la línea de soldadura en el centro en la dirección de ancho de la línea de soldadura, y la deformación  $d_{\epsilon_{BMY}}$  en la dirección a lo largo de la línea de soldadura en las proximidades de la línea de soldadura de la lámina de metal es no mayor que 0,030. Más preferiblemente, la diferencia relativa entre la deformación  $d_{\epsilon_{WLY}}$  y la deformación  $d_{\epsilon_{BMY}}$  es 0 (cero).

Posteriormente en el presente documento, se describirán con detalle algunas realizaciones ilustrativas de la presente invención con referencia a los dibujos adjuntos. En el presente caso, como el producto formado en prensa, se tomará como ejemplo una parte inferior - exterior de pilar frontal entre los componentes de armazón de un automóvil.

[Producto formado en prensa]

La figura 2 es una vista en planta para mostrar esquemáticamente un ejemplo de una parte inferior - exterior de pilar frontal como un producto formado en prensa de la presente realización. La figura 3 es una vista en planta para mostrar esquemáticamente una TWB que se usa cuando se produce la parte inferior - exterior de pilar frontal mostrada en la figura 2. La figura 4 es una vista en perspectiva ampliada para mostrar un área en el lado interior de curva de la región curvada en la parte inferior - exterior de pilar frontal mostrada en la figura 2. La parte exterior de la presente realización mostrada en la figura 2 es, al igual que la parte exterior mostrada en la figura 1A descrita anteriormente, curvada en forma de L a lo largo de la dirección longitudinal, y tiene una sección transversal de una forma de sombrero a lo largo de todo el intervalo en la dirección longitudinal (véase la figura 1B).

Como se muestra en la figura 2, la parte exterior incluye una región curvada 13 que está curvada en forma de L a lo largo de la dirección longitudinal, y una primera región 11 y una segunda región 12, que están conectadas respectivamente a ambos extremos de la región curvada 13. La primera región 11 se extiende desde la región curvada 13 de forma recta hacia atrás en la dirección de desplazamiento de un automóvil para acoplarse a un estribo lateral. La segunda región 12 se extiende desde la región curvada 13 de una manera recta hacia arriba para acoplarse a una parte superior de pilar frontal. La parte exterior 10 es un componente de armazón que constituye la parte inferior de pilar frontal, y se supone que es sometido a una carga de colisión a lo largo de una dirección extendida de la primera región 11 para acoplarse al estribo lateral.

La parte exterior 10 de la presente realización es conformada por trabajo de prensado a partir de una TWB mostrada en la figura 3. La línea de soldadura L de la TWB está dispuesta de tal modo que corresponda a un área de la región curvada 13 de la parte exterior 10. En la parte exterior 10, un área en forma de arco en el lado interior de la curva de la región curvada 13 en el área de la primera sección de brida 10d se convierte en un campo de deformación de brida por estiramiento en el momento del trabajo de prensado. Como se muestra en las figuras 2 y 4, el borde periférico exterior 14a del área en forma de arco 14 proporciona una línea de arista que se conecta a la primera sección de pared vertical 10b. El borde periférico interior 14b del área en forma de arco 14 está abierto. La línea de soldadura L se cruza con el borde periférico interior 14b y el borde periférico exterior 14a del área en forma de arco 14.

Como se muestra en la figura 3, la TWB 20, que está constituida por dos láminas de metal unidas por soldadura a tope, comprende una primera lámina de metal 21 y una segunda lámina de metal 22. En la TWB 20, la primera lámina de metal 21 está dispuesta para estar en el lado de la primera región 11 (en el lado del estribo lateral) de la parte exterior 10, y la segunda lámina de metal 22 está dispuesta para estar en el lado de la segunda región 12 (en el lado del pilar frontal superior) de la parte exterior 10. La primera lámina de metal 21 tiene una resistencia a la tracción más baja que la de la segunda lámina de metal 22. Sin embargo, la primera lámina de metal 21 puede tener la misma resistencia a la tracción que la de la segunda lámina de metal 22, o puede tener una mayor resistencia a la tracción que la de la segunda lámina de metal 22. Además, la primera lámina de metal 21 tiene un grosor de lámina más grande que el de la segunda lámina de metal 22.

En la parte exterior 10 de la presente realización, el grosor de la lámina en el lado del estribo lateral (en el lado de la primera región 11) corresponde al de la primera lámina de metal 21, y el grosor de la lámina del lado de la parte superior de pilar frontal (en el lado de la segunda región 12) corresponde al de la segunda lámina de metal 22. Es decir, el grosor de la lámina en el lado del estribo lateral es mayor que el del lado de la parte superior de pilar frontal. Debido a que el grosor de la lámina en el lado de la primera región 11 que será acoplada al estribo lateral es grande, se mejorará el desempeño de colapso axial de la primera región 11. Por lo tanto, es posible mejorar el desempeño anticollisión de la parte exterior 10. Por otro lado, debido a que el grosor de la lámina en el lado de la segunda región 12, que se va a acoplar con la parte superior de pilar frontal, es pequeño, es posible lograr una reducción de peso de la parte exterior 10. Debido a que el grosor de la lámina en el lado de la segunda región 12 tiene una menor contribución al desempeño de colapso axial de la primera región 11, no habrá obstáculos para el desempeño anticollisión.

[Disposición de la línea de soldadura]

Si la línea de soldadura L de la TWB 20 está simplemente dispuesta en el área en forma de arco 14 de la parte

5 exterior 10, se producirá una fisuración en las proximidades de la línea de soldadura L. Esto se debe a que el área en forma de arco 14 se convierte en un campo de deformación de brida por estiramiento en el momento del trabajo de prensa. En la presente realización, en el área en forma de arco 14 de la parte exterior 10, un ángulo  $\theta$  (posteriormente en el presente documento, también denominado "primer ángulo de línea de soldadura") formado por la línea de soldadura y una dirección de deformación principal máxima de la deformación de brida por estiramiento se establece en 17 a 84°. La dirección de deformación principal máxima se refiere a una dirección circunferencial de un arco curvado en una porción donde la tasa de reducción del grosor de la lámina es máxima (posteriormente en el presente documento, también denominada "sección de reducción de grosor de lámina máxima") del área en forma de arco 14 donde el grosor de la lámina se reduce debido a la deformación de brida por estiramiento en el momento del trabajo de prensado (ver una flecha de línea de puntos en la figura 4).

15 La sección de reducción de grosor de lámina máxima aparece en las proximidades de la línea de soldadura L en el lado de la lámina de metal que tiene una resistencia equivalente inferior de la primera y segunda láminas de metal 21 y 22 unidas entre sí a través de la línea de soldadura L. La resistencia equivalente de la lámina de metal se refiere a un valor de multiplicación [mm·MPa] de resistencia a la tracción [MPa] y un grosor de lámina [mm] de la lámina de metal. Las proximidades de la línea de soldadura L significa, por ejemplo, un rango de 0,5 a 4 mm desde un límite entre la línea de soldadura L y la lámina de metal en el lado de menor resistencia equivalente. Cuando el grosor de lámina de la lámina de metal en el lado de menor resistencia equivalente es  $t$  [mm], las proximidades de la línea de soldadura L puede referirse a un rango de  $0,5 \times t$  a  $4 \times t$  [mm] desde el límite entre la línea de soldadura L y la lámina de metal en el lado de menor resistencia equivalente. La sección de reducción de grosor de lámina máxima se refiere a una región que exhibe una reducción de grosor de lámina hasta un valor de coeficiente de endurecimiento por trabajo (valor  $n$ ) de la lámina de metal en el lado de menor resistencia equivalente, o 0,8 veces el valor  $n$ .

25 La dirección de deformación principal máxima se puede reconocer fácilmente a partir de la forma del producto formado en prensa (parte exterior 10). Específicamente, cuando se dibujan arcos concéntricos centrados en el centro del arco del borde periférico exterior 14a del área en forma de arco 14, la dirección a lo largo de la línea tangencial al arco en la sección de reducción de grosor de lámina máxima se convierte en la dirección de deformación principal máxima.

30 Si el primer ángulo de línea de soldadura  $\theta$  es de 17 a 84°, es posible reducir la tasa de reducción de grosor de la sección de reducción de grosor de lámina máxima, permitiendo de este modo la supresión del agrietamiento. Como resultado de ello, es posible garantizar la capacidad de conformación de un producto formado.

35 Además, si la línea de soldadura L de la TWB 20 está dispuesta simplemente sobre el área en forma de arco 14 de la parte exterior 10, es probable que se produzca una fisuración en las proximidades del punto de intersección entre la línea de soldadura L y el borde periférico interior 14b del área en forma de arco 14. Tal fisuración tiene lugar en las proximidades de la línea de soldadura L en el lado de la lámina de metal que tiene menor resistencia equivalente de la primera y la segunda láminas de metal 21 y 22 unidas entre sí a través de la línea de soldadura L. Por lo tanto, en la presente realización, un ángulo  $\gamma$  (posteriormente en el presente documento, también denominado "segundo ángulo de línea de soldadura") formado por la línea de soldadura L y la línea tangencial del borde periférico interior 14b en el punto de intersección entre la línea de soldadura L y el borde periférico interior 14b se ajusta a 40 a 75°.

45 Si el segundo ángulo de línea de soldadura  $\gamma$  es de 40 a 75°, es posible suprimir la aparición de grietas en el borde periférico interior del área en forma de arco. Como resultado de ello, es posible garantizar la capacidad de conformación del producto formado.

50 El modo de formación en prensa para producir la parte exterior 10 de la presente realización se puede seleccionar apropiadamente de acuerdo con la forma del producto formado. Por ejemplo, no solo se puede combinar la formación de brida, sino también la flexión, estiramiento, abombamiento, expansión de orificio y similares. Como herramienta de prensado, se usa un troquel emparejado con un punzón. Además, se puede usar un soporte de pieza en bruto, una almohadilla y similares para sostener la pieza en bruto.

55 Además, en la parte exterior 10 de la presente realización, la línea de soldadura L está dispuesta en la región curvada 13. Esto permite mejorar el rendimiento de material en comparación con un caso en el que la línea de soldadura está dispuesta en una porción de forma recta de la primera región 11 (en el lado del estribo lateral) o la segunda región 12 (en el lado de la parte superior de pilar frontal). Por lo tanto, es posible reducir el costo de producción del producto formado.

60 Además, la parte exterior 10 de la presente realización absorbe energía superior tras la colisión, mejorando de este modo el desempeño anticolidión en comparación con un caso en el que la línea de soldadura está dispuesta en una porción de forma recta en el lado de la primera región 11 para acoplarse al estribo lateral. Además, la parte exterior 10 de la presente realización absorbe energía superior en vista del volumen unitario tras la colisión en comparación con un caso en el que la línea de soldadura está dispuesta en una porción de forma recta en el lado de la segunda región 12 para acoplarse con la parte superior de pilar frontal. Por lo tanto, es posible combinar la reducción de peso y la mejora funcional en un buen equilibrio.

Como se describió anteriormente, la parte exterior 10 de la presente realización es conformada a partir de una TWB 20 que está compuesta por la primera lámina de metal 21 y la segunda lámina de metal 22. En este caso, es preferible que una resistencia equivalente de la primera lámina de metal 21 dispuesta en el lado de la primera región 11 sea sustancialmente igual a una resistencia equivalente de la segunda lámina de metal 22 dispuesta en el lado de la segunda región 12. Esto se debe a que las resistencias a la deformación de la primera y segunda láminas de metal 21 y 22 se vuelven iguales en el momento del trabajo de prensado, mejorando de este modo la capacidad de conformación del producto formado. La afirmación "la resistencia equivalente es sustancialmente igual" permite la diferencia en la resistencia equivalente de hasta 600 mm·MPa. Es decir, la diferencia entre la resistencia equivalente de la primera lámina de metal 21 y la resistencia equivalente de la segunda lámina de metal 22 es preferiblemente no mayor que 600 mm·MPa. Dicha diferencia en la resistencia equivalente es preferiblemente no mayor que 400 mm·MPa, y más preferiblemente no mayor que 350 mm·MPa.

Cuando se produce la parte exterior 10 de la presente realización, el ancho de la línea de soldadura L de la TWB 20 es preferiblemente más pequeño. Debido a que, en la presente realización, centrándose en la deformación en dirección de línea de soldadura en un área que incluye la línea de soldadura L y sus proximidades, su deformación se investiga de acuerdo con la situación real. La deformación se basa en la cantidad de deformación en la dirección de línea de soldadura en el centro en la dirección del ancho de la línea de soldadura L. Como método de soldadura para formar una línea de soldadura L de ancho estrecho, se puede adoptar una soldadura láser. Además, también se puede adoptar una soldadura de plasma.

[Diseño de disposición adecuada de la línea de soldadura]

Cuando la línea de soldadura de la TWB está dispuesta para cruzarse con el borde periférico interior y el borde periférico exterior del área en forma de arco, en el área en forma de arco que se convierte en un campo de deformación de brida por estiramiento del producto formado en prensa, el campo de deformación (campo de deformación) de un área que incluye la línea de soldadura y sus proximidades es estrictamente un campo de deformación de tensión uniaxial, o un campo de deformación más cercano a la deformación plana. En particular, en el área distinta del borde periférico interior del área en forma de arco, el campo de deformación se acerca a la deformación plana (posteriormente en el presente documento, también denominado campo de deformación por esfuerzo plana). Por otro lado, en el borde periférico interior del área en forma de arco, el campo de deformación se convierte en un campo de deformación por tracción uniaxial. Esto se debe a que el borde periférico interior está abierto.

La figura 5 es un diagrama esquemático para mostrar la situación de aparición de deformación en un campo de deformación de brida por estiramiento. En realidad, la línea de soldadura L tiene un ancho (ver una parte rayada en la figura 5). En el presente caso, considérese un caso en el que la línea de soldadura L se cruza con la dirección circunferencial (es decir, la dirección de deformación principal máxima de la deformación de brida) del arco curvado del área en forma de arco en un ángulo  $\theta$  (es decir, el primer ángulo de línea de soldadura descrito anteriormente). En el área en forma de arco que se convierte en el campo de deformación de brida por estiramiento, la deformación  $d\epsilon_x$  tiene lugar en la dirección circunferencial del arco curvado en la lámina de metal de base 21, 22 en las proximidades de la línea de soldadura. Posteriormente en el presente documento, esta deformación  $d\epsilon_x$  también se denomina "deformación circunferencial". Además, la deformación  $d\epsilon_y$  tiene lugar en una dirección perpendicular a la dirección circunferencial del arco curvado (es decir, una dirección radial del arco curvado). Posteriormente en el presente documento, esta deformación  $d\epsilon_y$  también se denomina deformación radial. Una relación  $\beta$  ( $= d\epsilon_y / d\epsilon_x$ ) de ambas deformaciones por esfuerzo varía de acuerdo con un valor de Lankford (posteriormente en el presente documento, también denominado "valor de r") de la lámina de metal de base.

En este caso, la deformación radial  $d\epsilon_y$  se puede representar por la siguiente Fórmula (1).

$$d\epsilon_y = d\epsilon_x \times (-r) / (1 + r) \quad \dots (1)$$

en donde r representa un valor de r.

Además, con respecto a las componentes de deformación sobre la base de la deformación circunferencial  $d\epsilon_x$  y la deformación radial  $d\epsilon_y$  que se producen en las láminas de metal de base 21, 22 en las proximidades de la línea de soldadura, la deformación  $d\epsilon_y'$  en una dirección a lo largo de la línea de soldadura L (posteriormente en el presente documento, también denominada "dirección de línea de soldadura") puede representarse por la siguiente fórmula (2). Posteriormente en el presente documento, la tensión  $d\epsilon_y'$  también se denomina deformación en dirección de línea de soldadura BM  $d\epsilon_y'$  (o " $d\epsilon_{BM}$ "). Esta fórmula (2) se obtiene por transformación de coordenadas de la deformación circunferencial  $d\epsilon_x$  y la deformación radial  $d\epsilon_y$  mediante el uso de la regla de transformación de coordenadas tensoriales.

$$d\epsilon_y' = d\epsilon_x \times (\cos \theta)^2 + d\epsilon_y \times (\sin \theta)^2 \quad \dots (2)$$

Sustituyendo la fórmula (1) por la fórmula (2), la deformación en dirección de línea de soldadura BM  $d\epsilon_y'$  también

puede representarse por la siguiente Fórmula (3).

$$d\epsilon y' = d\epsilon x (\cos \theta)^2 + d\epsilon x (-r) / (1 + r) \times (\sin \theta)^2 \quad \dots (3)$$

5 Cualquiera de las fórmulas (1) a (3) es común para el campo de deformación por tracción uniaxial y el campo de deformación por esfuerzo plana. En un campo de deformación de brida por estiramiento de este tipo, la sección de reducción de grosor de lámina máxima aparece en las proximidades de la línea de soldadura en el lado de la lámina de metal que tiene una resistencia equivalente inferior de las dos láminas de metal 21 y 22 que están unidas entre sí la línea de soldadura L. En el presente caso, con respecto a una porción de la línea de soldadura adyacente a la

10 sección de reducción de grosor de lámina máxima en la dirección circunferencial del arco curvado, dejemos que la deformación en la dirección de línea de soldadura en el centro en la dirección de ancho de la soldadura línea sea  $d\epsilon_{WLY}'$ . Posteriormente en el presente documento, esta deformación  $d\epsilon_{WLY}'$  también se denomina deformación en dirección de línea de soldadura WL  $d\epsilon_{WLY}'$ .

15 Cuando la línea de soldadura L está dispuesta en el campo de deformación de brida por estiramiento, el agrietamiento que se presenta cerca de la línea de soldadura es causado por la deformación por cizallamiento que se produce entre la línea de soldadura L y la lámina de metal de base (lámina de metal 22 en la figura 5) en el lado de menor fuerza equivalente. Dicha deformación por cizallamiento tiene lugar debido al hecho de que existe una diferencia en las características de material entre el metal soldado y la lámina de metal de base. Por lo tanto, se

20 puede decir que la disminución de la deformación por cizallamiento puede suprimir la aparición de grietas.

Entonces, en la presente realización, cuando se diseña un producto formado en prensa, la línea de soldadura se dispone de tal modo que la diferencia relativa entre la deformación en dirección de línea de soldadura WL  $d\epsilon_{WLY}'$  y la deformación en dirección de línea de soldadura BM  $d\epsilon y'$  se vuelve pequeña durante el trabajo de prensado.

25 Específicamente, de acuerdo con la situación real, la línea de soldadura puede disponerse de tal modo que la diferencia relativa entre la deformación en dirección de línea de soldadura WL  $d\epsilon_{WLY}'$  y la deformación en dirección de línea de soldadura BM  $d\epsilon y'$  se vuelva no mayor que 0,030. Como la diferencia relativa entre la deformación en dirección de línea de soldadura WL  $d\epsilon_{WLY}'$  y la deformación en dirección de línea de soldadura BM  $d\epsilon y'$  disminuye, la deformación por cizallamiento que tiene lugar entre la línea de soldadura y la lámina de metal base en el lado de menor resistencia equivalente disminuye. Esto permitirá suprimir la aparición de grietas, asegurando de este modo la capacidad de formación del producto formado. Como resultado, es posible mejorar el grado de libertad para diseñar un producto formado en prensa usando una TWB. En particular, disponiendo la línea de soldadura de tal modo que la diferencia relativa entre la deformación en dirección de línea de soldadura WL  $d\epsilon_{WLY}'$  y la deformación en dirección de línea de soldadura BM  $d\epsilon y'$  se vuelva 0, se permitirá suprimir de forma más efectiva la aparición de agrietamiento.

35

[Disposición de la línea de soldadura en el campo de deformación por esfuerzo plana: primer ángulo de línea de soldadura  $\theta$ ]

Las figuras 6A a 6C son diagramas para mostrar esquemáticamente un contorno de un análisis de FEM llevado a cabo para investigar la disposición de la línea de soldadura en un campo de deformación por esfuerzo plana (campo de deformación de brida por estiramiento). Entre estas figuras, la figura 6A es una vista en perspectiva para mostrar un modelo de análisis que incluye una herramienta de prensado. La figura 6B es una vista en planta para mostrar la forma de una pieza en bruto. La figura 6C es una vista en perspectiva para mostrar la forma de un producto formado.

45 Como se muestra en la figura 6C, como un producto formado que incluye un campo de deformación por esfuerzo plana de la deformación de brida por estiramiento, se adoptó un producto formado en prensa 15 que está curvado en forma de L a lo largo de la dirección longitudinal. Este producto formado en prensa 15 incluye una sección de placa superior 15a que está curvada en forma de L, una sección de pared vertical 15b conectada a la sección lateral del lado interior de curva de esta sección de placa superior 15a, y una sección de brida 15c conectada a la sección de pared vertical 15b. La sección de brida 15c incluye un área en forma 16 de arco formada por deformación de brida por estiramiento. Este producto formado 15 incluye la línea de soldadura L de tal modo que se cruza con el borde periférico interior 16b y el borde periférico exterior 16a del área en forma de arco 16.

50

Como una pieza en bruto para dar forma al producto formado en prensa 15, se adoptó una TWB 25 compuesta por dos láminas de metal A y B, como se muestra en la figura 6B. En esta TWB 25, la línea de soldadura L estaba dispuesta en una posición correspondiente al área en forma de arco 16 del producto formado en prensa 15. La lámina de metal A era una lámina de acero de alta resistencia a la tracción correspondiente a JAC980Y de las Normas de la Liga de Hierro y Acero de Japón (en adelante, también referido como "acero de alta resistencia a la tracción clase 980 MPa"), y la lámina de metal B era una lámina de acero de alta resistencia a la tracción correspondiente a JAC780Y de las mismas normas (en adelante, también denominada "acero de alta resistencia a la tracción clase 780 MPa"). El grosor de lámina de cualquiera de ellas era de 1,6 mm. Es decir, la resistencia equivalente de la lámina de metal A era más alta que la de la lámina de metal B.

60

El trabajo de prensado se llevó a cabo mediante el uso de un troquel 26, un punzón 27 y una almohadilla 28 como se muestra en la figura 6A. En ese momento, en el producto formado 15, la disposición de la línea de soldadura L de la TWB 25 se modificó de tal modo que el ángulo  $\theta$  (primer ángulo de línea de soldadura) formado por la línea de

65

soldadura L y la dirección de deformación principal máxima de la deformación de brida por estiramiento tenía cuatro niveles: 23°, 40°, 72° y 86°. En cualquiera de los niveles, la sección de reducción de grosor de lámina máxima no apareció en las proximidades del borde periférico interior 16b del área en forma de arco 16, sino en las proximidades del borde periférico exterior 16a conectado a la sección de pared vertical 15b. Además, la ubicación donde se produjo la sección de reducción de grosor de lámina máxima fue en la lámina de metal (lámina de metal B) en el lado de menor resistencia equivalente en las proximidades de la línea de soldadura L. Los resultados se muestran en la tabla 1 a continuación.

[Tabla 1]

TABLA 1

Primer ángulo de línea de soldadura $\theta$ [°]	Deformación en dirección de línea de soldadura BM $d\epsilon_y'$	Deformación en dirección de línea de soldadura $d\epsilon_{WLY}'$	Diferencia relativa en deformación $ d\epsilon_y' - d\epsilon_{WLY}' $	Tasa de reducción de grosor de lámina [%]
23	0,151	0,129	0,022	16
40	0,144	0,150	0,006	15
72	-0,010	0,019	0,029	25
86	-0,019	0,015	0,034	34

Como se muestra en la tabla 1, la tasa de reducción de grosor de lámina fue la más baja cuando el primer ángulo de línea de soldadura  $\theta$  fue de 40°. Por lo tanto, en la presente realización, con base en las condiciones realmente usadas en el trabajo de prensado, el primer ángulo de línea de soldadura  $\theta$  es preferiblemente de 17 a 84°. Esto se debe a que la tasa de reducción de grosor de lámina se puede mantener baja, y por lo tanto, se puede suprimir la aparición de grietas en las proximidades de la línea de soldadura. El primer ángulo de línea de soldadura  $\theta$  es preferiblemente de 17 a 71°, muy preferiblemente de 19 a 71°, y más preferiblemente de 25 a 71°.

La diferencia relativa ( $|d\epsilon_y' - d\epsilon_{WLY}'|$ ) entre la deformación en dirección de línea de soldadura WL  $d\epsilon_{WLY}'$  y la deformación en dirección de línea de soldadura BM  $d\epsilon_y'$  es preferiblemente tan pequeña como sea posible. Por lo tanto, la diferencia relativa es preferiblemente no mayor que 0,030, muy preferiblemente no mayor que 0,025, y más preferiblemente 0.

[Disposición de la línea de soldadura en el campo de deformación por tracción uniaxial: segundo ángulo de línea de soldadura  $\gamma$ ]

La figura 7 es una vista en perspectiva para mostrar un producto formado en prensa mediante una prueba de expansión de orificio llevada a cabo para investigar la disposición de la línea de soldadura en un campo de deformación por tracción uniaxial (campo de deformación de brida por estiramiento). La figura 8 es un diagrama esquemático para mostrar la situación de aparición de deformación en la deformación de brida por estiramiento del producto formado en prensa mostrado en la figura 7. Obsérvese que los detalles de la prueba de expansión de orificio se describirán en los siguientes ejemplos.

La prueba de expansión de orificio es una prueba para empujar un punzón dentro de una pieza en bruto formado con un orificio circular, expandiendo de ese modo el orificio de forma concéntrica. Como se muestra en la figura 7, un producto formado en prensa 30 conformado por la prueba de expansión de orificio tiene un orificio 30a. Un área circular 31 que rodea el orificio 30a se convierte en un campo de deformación de brida por estiramiento. Por esa razón, el área circular 31 corresponde al área en forma de arco 14 descrita anteriormente, y el orificio 30a corresponde al borde periférico interior 14b del área en forma de arco 14 descrita anteriormente. En el presente caso, considérese un caso en el que la línea de soldadura L se cruza con la dirección circunferencial del orificio 30a (es decir, una dirección tangencial del orificio 30a en el punto de intersección entre la línea de soldadura L y el orificio 30a) en un ángulo  $\gamma$  (es decir, el segundo ángulo de línea de soldadura descrito anteriormente).

En el campo de deformación de brida por estiramiento en la prueba de expansión de orificio, cuando la herramienta de trabajo (punzón) entra y avanza, la pieza en bruto se estira en una dirección a lo largo de la dirección de movimiento de la herramienta de trabajo. Esta dirección es una dirección radial del orificio 30a como se muestra mediante una flecha de línea continua en la figura 8. Además, a medida que el orificio 30a se expande, la pieza en bruto se estira en una dirección perpendicular a la dirección a lo largo de la dirección de movimiento de la herramienta de trabajo. Esta dirección es la dirección circunferencial del orificio 30a (dirección tangencial del orificio 30a) como se muestra por las flechas sombreadas en la figura 8. En el presente caso, la deformación de la pieza en bruto en la dirección radial del orificio 30a es determinada por una relación de deformación  $\beta$  de tensión uniaxial. Es decir, suponiendo que la deformación en la dirección circunferencial del orificio 30a sea  $d\epsilon_x$ , la deformación  $d\epsilon_y$  en la dirección radial se determina por la fórmula (1) descrita anteriormente. Tal campo de deformación de brida por estiramiento se considera como un campo de deformación por tracción uniaxial.

Debido a que el orificio 30a y el borde periférico exterior del área circular 31 son círculos concéntricos en el producto formado en prensa 30 mediante la prueba de expansión de orificio,  $\theta$  se puede reemplazar por  $\gamma$  en la fórmula (3)

descrita anteriormente. En este caso, suponiendo que  $d\epsilon_x$  sea 1, se obtendrá la siguiente fórmula (4). Como se muestra en la fórmula (4), la deformación en dirección de línea de soldadura  $BM d\epsilon_y'$  varía según el ángulo  $\gamma$  de la línea de soldadura (es decir, el segundo ángulo de la línea de soldadura) y el valor de  $r$  de la lámina de metal de base.

$$d\epsilon_y' = (\cos \gamma)^2 + (-r) / (1 + r) \times (\sin \gamma)^2 \quad \dots (4)$$

La figura 9 es un diagrama para mostrar la correlación entre el ángulo  $\gamma$  de la línea de soldadura y el valor de  $r$  de la lámina de metal de base. La figura 9 respectivamente muestra situaciones de casos en los que la deformación en dirección de línea de soldadura  $BM d\epsilon_y'$  es -0,2, -0,1, 0, 0,1 y 0,2.

Para suprimir la aparición de grietas en las proximidades del punto de intersección entre el orificio del producto formado por la prueba de expansión de orificio (es decir, el borde periférico interior del área en forma de arco del producto formado en prensa) y la línea de soldadura, es necesario disponer que la deformación en dirección de línea de soldadura  $BM d\epsilon_y'$  sea de -0,2 a 0,2. En el presente caso, una lámina de metal común (ejemplos: lámina de acero laminada en caliente, lámina de acero laminada en frío, lámina de acero chapada, lámina de aleación de Al y lámina de aleación de Ti) tiene un valor de  $r$  de 0,5 a 3,0. El valor de  $r$  es el de la lámina de metal de base en el lado de menor resistencia equivalente en el que es más probable que se produzca agrietamiento. A partir de lo que se ha descrito hasta ahora, el segundo ángulo de línea de soldadura  $\gamma$  es preferiblemente de 42 a 72°.

En la presente realización, el segundo ángulo de línea de soldadura  $\gamma$  puede definirse como de 40 a 75°, ligeramente más ancho que 42 a 72°. Esto es debido a que, considerando la cantidad de deformación de un área que se ablanda debido al calor de soldadura en las proximidades de la línea de soldadura, se puede permitir una ligera extensión del ángulo  $\gamma$ .

La deformación en dirección de línea de soldadura  $BM d\epsilon_y'$  es preferiblemente tan pequeña como sea posible. Por lo tanto, la deformación en dirección de línea de soldadura  $BM d\epsilon_y'$  es preferiblemente de -0,1 a 0,1, muy preferiblemente de -0,025 a 0,025, y más preferiblemente 0. Por consiguiente, de la figura 9, el segundo ángulo de línea de soldadura  $\gamma$  es preferiblemente de 45 a 66°, muy preferiblemente de 47 a 62°, y más preferiblemente de 48 a 60°.

Cuando se conforma una parte exterior como un producto formado en prensa de la presente realización, se usa lámina de acero que tiene una resistencia a la tracción no inferior a 440 MPa, lámina de aleación de Al, y lámina de aleación de Ti, como una lámina de metal. Los valores de  $r$  de estas láminas de metal son de 0,5 a 3,0. Por lo tanto, en este caso, el segundo ángulo de línea de soldadura  $\gamma$  es preferiblemente de 45 a 72°.

Además, la presente invención no estará limitada a las realizaciones descritas anteriormente, y puede someterse a diversas modificaciones dentro de un alcance que no se aparte del espíritu de la presente invención. Por ejemplo, el producto formado en prensa no estará particularmente limitado siempre que incluya una sección de brida formada por deformación de brida por estiramiento. Además, un componente de armazón de automóvil como producto formado en prensa no estará limitado a una parte inferior - exterior de pilar frontal siempre que sea un componente que esté curvado en forma de L a lo largo de la dirección longitudinal, y se suponga que sea sujeto a una carga de colisión a lo largo de una dirección extendida de la primera región, y puede ser una parte del lado posterior, etc.

Además, la TWB no estará particularmente limitada, siempre que esté constituida por una pluralidad de láminas de metal soldadas a tope juntas. Por ejemplo, cuando la TWB se compone de dos láminas de metal, solo es necesario que las láminas de metal sean diferentes entre sí en al menos uno de la resistencia a la tracción y el grosor de lámina. La TWB puede estar compuesta por tres o más láminas de metal.

## 50 Ejemplos

[Prueba de expansión de orificio]

Se llevó a cabo una prueba de expansión de orificio mediante el uso de una TWB para investigar la relación entre el segundo ángulo de línea de soldadura  $\gamma$  y la capacidad de conformación.

La figura 10 es una vista en sección transversal para mostrar esquemáticamente un contorno de una prueba de expansión de orificio. La figura 11 es una vista en planta para mostrar una TWB usada en la prueba de expansión de orificio. Como se muestra en la figura 10, en la prueba de expansión de orificio, se usó un troquel 41 como un troquel superior, y una abertura 41a que tenía un diámetro de 54 mm se dispuso en el centro del troquel 41. Una sección achaflanada redonda 41b con un radio de 5 mm fue provista en un borde periférico en una entrada de una abertura 41a. Por otra parte, como un troquel inferior, un punzón 42 en forma de columna fue dispuesto en un eje central de la abertura 41a del troquel 41. El diámetro del punzón 42 era de 50 mm, y un radio de achaflanado redondo de una sección de reborde 42a del punzón 42 era de 5 mm. La formación en prensa (expansión de orificio) se llevó a cabo introduciendo el punzón 42 en una pieza en bruto 35. Tal introducción finalizó en un punto temporal cuando se produjo el agrietamiento en el orificio 35a de la pieza en bruto 35. Cuando se llevó a cabo la formación en prensa, la

sección de borde periférico de la pieza en bruto 35 fue sostenida por el troquel 41 y el soporte de pieza en bruto 43.

Como se muestra en la figura 11, una TWB 35 compuesta por dos láminas de metal C y D soldadas a tope juntas se usó como la pieza en bruto. La TWB 35 tenía una forma cuadrada, cada lado de la cual tenía una longitud de 100 mm. Un orificio 35a con un diámetro de 30 mm se proporcionó en el centro de la TWB 35. En la TWB 35 antes de la conformación, un ángulo  $\alpha$  (en adelante, también denominado "ángulo de línea de soldadura antes de la conformación") formado por la línea de soldadura L y una línea tangencial del orificio 35a en un punto de intersección entre la línea de soldadura L y el orificio 35a fue variado en 7 niveles de 45°, 60°, 75°, 90°, 105°, 120° y 135°. Se prepararon cinco piezas de las TWB para cada uno de los 7 niveles, y la prueba de expansión de orificio se llevó a cabo para todas las TWB. La soldadura de las láminas de metal C y D se llevó a cabo por soldadura láser.

La lámina de metal C estaba hecha de acero de alta resistencia a la tracción clase 980 MPa, y su grosor de lámina era de 1,6 mm. La lámina de metal D estaba hecha de acero de alta resistencia a la tracción clase 780 MPa, y su grosor de lámina era de 1,4 mm. Es decir, la resistencia equivalente de la lámina de metal C era más alta que la de la lámina de metal D.

En la lámina de metal D en el lado de menor resistencia equivalente, un valor de  $r$  promedio (relación de deformación plástica promedio) a una cantidad de deformación adicional de 10 % se calculó de acuerdo con JIS Z 2254 (1996), y se encontró que era de 0,712. Cuando el valor de  $r$  era 0,712, suponiendo que el ángulo  $\gamma$  fuera de 57,2°, la deformación en dirección de línea de soldadura  $BM \text{ } d\epsilon\gamma'$  en la fórmula (4) descrita anteriormente se volverá 0 (cero).

Como se muestra en la figura 7 descrita anteriormente, se midió un diámetro  $d_2$  (mm) de un orificio expandido 30a en cada producto formado 30 después de la formación en prensa (expansión de orificio). A partir de un diámetro  $d_1$  (mm) del orificio 35a antes de la conformación y el diámetro  $d_2$  (mm) del orificio 30a después de la conformación, se calculó una tasa de expansión de orificio  $\lambda$  por medio de la siguiente Fórmula (5). Además, en cada producto formado 30 después de la conformación, se midió un ángulo formado por la línea de soldadura L y una línea tangencial del orificio 30a en un punto de intersección entre la línea de soldadura L y el orificio 30a, es decir, un segundo ángulo de línea de soldadura  $\gamma$ .

$$\lambda = (d_2 - d_1) / d_1 \times 100 \quad \dots (5)$$

Las figuras 12A a 12D son, cada una, una fotografía para mostrar el aspecto de un producto formado en prensa representativo mediante una prueba de expansión de orificio. Entre estas figuras, la figura 12A muestra un caso en el que un segundo ángulo de línea de soldadura  $\gamma$  es de aproximadamente 43° (el ángulo de la línea de soldadura antes de la formación es de 45°). La figura 12B muestra un caso en el que el segundo ángulo de línea de soldadura  $\gamma$  es de aproximadamente 58° (el ángulo de la línea de soldadura antes de la formación es de 60°). La figura 12C muestra un caso en el que el segundo ángulo de línea de soldadura  $\gamma$  es de aproximadamente 68° (el ángulo de la línea de soldadura antes de la formación es de 75°). La figura 12D muestra un caso en el que el segundo ángulo de línea de soldadura  $\gamma$  es de aproximadamente 90° (el ángulo de la línea de soldadura antes de la formación es de 90°). En cada una de las figuras 12A a 12D, la fotografía en la etapa superior muestra una vista general del orificio 30a, y la fotografía en la etapa inferior muestra, en una vista ampliada, una porción de la intersección entre la línea de soldadura L y el orificio 30a. Además, una fotografía ampliada en la etapa inferior muestra un lugar donde se produjo agrietamiento, al rodearlo con una línea de cadena de dos puntos.

Se confirmó que si la línea de soldadura estaba dispuesta en el campo de deformación de brida por estiramiento como se muestra en las figuras 12A a 12D, se producía agrietamiento en la lámina de metal de base en las proximidades de un punto de intersección entre la línea de soldadura L y el orificio 30a. Además, en cualquier nivel, se produjo agrietamiento en la lámina de metal en el lado de menor resistencia equivalente (la lámina de metal D en la presente prueba). Los resultados se muestran en la tabla 2 que se describe a continuación.

[Tabla 2]

TABLA 2

Segundo ángulo de línea de soldadura $\gamma$ [°]	Ángulo de línea de soldadura $\alpha$ antes de conformación [°]	Tasa de expansión de orificio [%]
43	45	18
58	60	24
68	75	21
90	90	16
72 (108)	105	22
59 (121)	120	25
44 (136)	135	19

La tasa de expansión de orificio en la tabla 2 indica un valor promedio en cada nivel. La tasa de expansión de orificio

se volvió más favorable cuando el segundo ángulo de línea de soldadura  $\gamma$  era de  $59^\circ$ . Es decir, se reveló que la disposición de la línea de soldadura de tal modo que disminuya la deformación en dirección de línea de soldadura  $BM_{d\&y'}$  definida por la fórmula (4) descrita anteriormente, permitirá la mejora de la capacidad de conformación al tiempo que se suprime la aparición de agrietamiento.

5 [Prueba de colisión]

10 Se adoptó una parte inferior - exterior de pilar frontal como producto formado en prensa de la presente realización y, en esta parte exterior, se llevó a cabo una prueba para confirmar el desempeño anticolidión después de una colisión frontal mediante un análisis de FEM.

15 La figura 13 es una vista en planta para mostrar esquemáticamente un contorno de una prueba de colisión. La figura 13 muestra una parte exterior 10 y un elemento de impacto 51. En una prueba de colisión por análisis de FEM, una sección de extremo frontal de la primera región 11 de la parte exterior 10, es decir, la sección de extremo frontal en el lado del estribo lateral se fijó para restringir el desplazamiento de la sección de extremo frontal. En este estado, el elemento de impacto 51 se movió en una dirección horizontal a una velocidad de 15 km/h y se hizo chocar con la región curvada 13 de la parte exterior 10. Entonces, el elemento de impacto 51 se detuvo en un punto de tiempo cuando la cantidad de intrusión del elemento de impacto 51 en la parte exterior 10 se convirtió en 100 mm.

20 En ese momento, se determinó la energía que absorbió la parte exterior 10 mientras el elemento de impacto 51 se introducía en la parte exterior 10. Al dividir la energía absorbida de la parte exterior 10 entre el volumen de la parte exterior 10, se calculó la energía absorbida por unidad de volumen.

25 Las figuras 14A a 14C son, cada una, una vista en planta para mostrar una parte inferior - exterior de pilar frontal usada en la prueba de colisión. Entre estas figuras, la figura 14A muestra el ejemplo comparativo 1. La figura 14B muestra el ejemplo inventivo 1 de la presente invención. La figura 14C muestra el ejemplo comparativo 2. En el ejemplo comparativo 1, como se muestra en la figura 14A, la línea de soldadura L estaba dispuesta en una porción de forma recta de la primera región 11 (en el lado del estribo lateral). En el ejemplo comparativo 2, como se muestra en la figura 14C, la línea de soldadura L estaba dispuesta en una porción de forma recta de la segunda región 12 (en el lado de la parte superior de pilar frontal). Por otro lado, en el ejemplo inventivo 1 de la presente invención, como se muestra en la figura 14B, la línea de soldadura L se dispuso en una región curvada 13 que incluye un área en forma de arco 14 conformada por deformación de brida por estiramiento. El primer ángulo de línea de soldadura  $\theta$  del ejemplo inventivo 1 de la presente invención se ajustó a  $58,2^\circ$ , y el segundo ángulo de línea de soldadura  $\gamma$  se ajustó a  $54,6^\circ$ .

35 En cualquiera de los ejemplos inventivo 1 de la presente invención y los ejemplos comparativos 1 y 2, se usó una lámina de metal E como lámina de metal en el lado de la segunda región 12 (en el lado de la parte superior de pilar frontal) con respecto a la línea de soldadura L, y una lámina de metal F se usó como lámina de metal en el lado de la primera región 11 (en el lado del estribo lateral) con respecto a la línea de soldadura L. La lámina de metal E estaba hecha de acero de alta resistencia a la tracción clase 980 MPa, y su grosor de lámina fue de 1,2 mm. La lámina de metal F estaba hecha de acero de alta resistencia a la tracción clase 780 MPa y su grosor de lámina era de 1,5 mm. La lámina de metal E tiene una característica de que está más sujeta a la fisuración en comparación con la lámina de metal F, y el valor de  $r$  de la lámina de metal E era de 0,790.

45 Las figuras 15A y 15B son cada una un diagrama para mostrar los resultados de prueba de una prueba de colisión. La figura 15A muestra la energía absorbida de la parte exterior. La figura 15B muestra la energía absorbida por unidad de volumen de la parte exterior. De los resultados de las figuras 15A y 15B, se indican los siguientes.

50 Como se muestra en la figura 15A, en el ejemplo comparativo 1, como resultado de que la línea de soldadura estaba dispuesta en la porción de forma recta en el lado del estribo lateral, la energía absorbida fue pobre. Por otra parte, en el ejemplo inventivo 1 de la presente invención, como resultado de que la línea de soldadura estaba dispuesta en el área especificada de la presente realización, la energía absorbida fue excelente. Además, en el ejemplo comparativo 2, como resultado de que la línea de soldadura estaba dispuesta en la porción de forma recta en el lado de la parte superior de pilar frontal, la energía absorbida fue excelente.

55 En el presente caso, la energía absorbida en el momento de la prueba de colisión varía según el grosor de la lámina. A medida que aumenta el área donde el grosor de lámina es grande, la energía absorbida tiende a aumentar. Por esa razón, la energía absorbida del ejemplo comparativo 2 que tenía una mayor área de la lámina de metal F con un grosor de lámina más grande fue ligeramente más excelente que la energía absorbida del ejemplo inventivo 1 de la presente invención.

60 Por otro lado, como se muestra en la figura 15B, con respecto a la energía absorbida por unidad de volumen, el ejemplo inventivo 1 de la presente invención fue más excelente que el ejemplo comparativo 2. Esto se debe al hecho de que, con respecto al peso de la parte exterior, el ejemplo inventivo 1 de la presente invención fue más ligero que el ejemplo comparativo 2. Por lo tanto, quedó claro que en el punto de vista de combinar reducción de peso y mejora funcional con un buen equilibrio, la parte exterior de la presente realización fue excelente.

[Rendimiento de material]

5 Se adoptó una parte inferior - exterior de pilar frontal como el producto formado en prensa de la presente realización, y se investigó el rendimiento de material en un caso en el que la parte exterior se fabricó a partir de una lámina de metal.

10 Las figuras 16A a 16D son cada una un diagrama esquemático para mostrar una forma de la pieza en bruto usada en la formación de prensado, y la forma de la lámina de metal antes del trabajo de recorte que se usa para hacer la pieza en bruto. Entre estas figuras, las figuras 16A, 16B y 16D muestran los ejemplos comparativos 3, 4 y 5, respectivamente. La figura 16C muestra el ejemplo inventivo 2 de la presente invención. En las figuras 16A a 16D, la forma de la pieza en bruto 61 usada en la formación en prensa se muestra con una línea de cadena de dos puntos; las formas de la primera lámina de metal 62 y la segunda lámina de metal 63 antes del trabajo de recorte usado para hacer la pieza en bruto 61 se muestran mediante una línea continua; y la línea de soldadura L se muestra con una línea gruesa. La primera lámina de metal 62 y la segunda lámina de metal 63 antes del trabajo de recorte se hicieron ambas de forma rectangular. Un área 62a que se eliminó por trabajo de recorte en la primera lámina de metal 62, y un área 63a que se eliminó por trabajo de recorte en la segunda lámina de metal, tienen un sombreado a rayas, respectivamente.

20 Como se muestra en la figura 16A, en el ejemplo comparativo 3, se usó una sola lámina de metal (primera lámina de metal 62), no una TWB, como la pieza en bruto para la conformación en prensa. Como se muestra en la figura 16B, en el ejemplo comparativo 4, la línea de soldadura L estaba dispuesta en una porción de forma recta en el lado del estribo lateral. Como se muestra en la figura 16D, en el ejemplo comparativo 5, la línea de soldadura L estaba dispuesta en una porción de forma recta en el lado de la parte superior de pilar frontal. Por otro lado, como se muestra en la figura 16C, en el ejemplo inventivo 2 de la presente invención, la línea de soldadura L se dispuso en un área definida en la presente realización.

30 La figura 17 es un diagrama para mostrar un área de la pieza en bruto que se eliminó por trabajo de recorte para cada uno del ejemplo inventivo 2 de la presente invención y los ejemplos comparativos 3 a 5. Como se muestra en la figura 17, el área eliminada de la pieza en bruto fue mínima en el ejemplo inventivo 2 de la presente invención. Por lo tanto, se dejó en claro que de acuerdo con la parte exterior de la presente realización, se puede mejorar el rendimiento de material.

35 [Método simple para establecer el primer ángulo de línea de soldadura  $\theta$  (segundo ángulo  $\gamma$ )]

40 Como se describió hasta ahora, disponer la línea soldada de tal modo que la diferencia relativa entre la deformación en dirección de línea de soldadura  $d\epsilon_{WLY'}$  y la deformación en dirección de línea de soldadura BM  $d\epsilon_{BMY'}$  es no mayor que 0,030 permite suprimir la aparición de grietas. Por lo tanto, una condición óptima para suprimir el agrietamiento es que la diferencia relativa entre  $d\epsilon_{WLY'}$  y  $d\epsilon_{\gamma'}$  es 0. Es decir,  $d\epsilon_{WLY'}$  es igual a  $d\epsilon_{\gamma'}$ . Sustituyendo esta condición ( $d\epsilon_{WLY'} = d\epsilon_{\gamma'}$ ) en la fórmula (2) descrita anteriormente, y dividiendo aún más ambos lados de la fórmula (2) descrita anteriormente entre la deformación en dirección circunferencial  $d\epsilon_x$  en la lámina de metal de base en las proximidades de la línea de soldadura dará lugar a la siguiente Fórmula (6).

$$d\epsilon_{WLY'} / d\epsilon_x = (\cos \theta)^2 + d\epsilon_{\gamma'} / d\epsilon_x \times (\sin \theta)^2 \dots (6)$$

45 En la fórmula (6), debido a que el término " $d\epsilon_{\gamma'} / d\epsilon_x$ " en el lado derecho es la relación de deformación  $\beta$ , sustituir el término " $d\epsilon_{WLY'} / d\epsilon_x$ " por  $\chi$  dará lugar a la siguiente fórmula (7).

$$\chi = (\cos \theta)^2 + \beta \times (\sin \theta)^2 \dots (7)$$

50 A partir de la fórmula (7), para cada primer ángulo de línea de soldadura  $\theta$ , se determina la relación entre una proporción  $\chi$  de la deformación en dirección de línea de soldadura WL  $d\epsilon_{WLY'}$  con respecto a la deformación principal máxima  $d\epsilon_x$  en la lámina de metal de base en las proximidades de la línea de soldadura, y una relación de deformación  $\beta$ .

55 La figura 18 es un diagrama para mostrar un ejemplo de una relación entre una proporción  $\chi$  de la deformación en dirección de línea de soldadura WL  $d\epsilon_{WLY'}$  con respecto a la deformación principal máxima  $d\epsilon_x$ , y una relación de deformación  $\beta$ . Como se muestra en la figura 18, a medida que la relación de deformación  $\beta$  aumenta, la proporción  $\chi$  aumenta. Además, para la misma relación de deformación  $\beta$ , a medida que el primer ángulo de línea de soldadura  $\theta$  disminuye, la proporción  $\chi$  aumenta. Por lo tanto, si la deformación en dirección de línea de soldadura  $d\epsilon_{WLY'}$ , la deformación principal máxima  $d\epsilon_x$  y la relación de deformación  $\beta$  son conocidas, es posible establecer el primer ángulo de línea de soldadura  $\theta$  adecuado para suprimir el agrietamiento. Los términos  $d\epsilon_{WLY'}$ ,  $d\epsilon_x$  y  $\beta$  se pueden calcular fácilmente mediante un análisis de FEM y similares.

65 **Aplicabilidad industrial**

La presente invención se puede usar para componentes de armazón de automóviles y para la producción de los mismos.

**Lista de signos de referencia**

5

- 10: Parte inferior - exterior de pilar frontal (producto formado en prensa)
- 10a: Sección de placa superior,
- 10b: Primera sección de pared vertical,
- 10c: Segunda sección de pared vertical,
- 10d: Primera sección de brida,
- 10e: Segunda sección de brida,
- 11: Primera región,
- 12: Segunda región,
- 13: Región curvada,
- 14: Área en forma de arco,
- 15: Producto formado en prensa,
- 15a: Sección de placa superior,
- 15b: Sección de pared vertical,
- 15c: Sección de brida,
- 16: Área en forma de arco,
- 16a: Borde periférico exterior de área en forma de arco
- 16b: Borde periférico interior de área en forma de arco
- 20: Pieza en bruto (TWB),
- 21: Primera lámina de metal,
- 22: Segunda lámina de metal,
- 25: Pieza en bruto (TWB),
- A, B: Lámina de metal,
- 26: Troquel,
- 27: Punzón,
- 28: Almohadilla,
- 30: Producto formado en prensa por prueba de expansión de orificio,
- 30a: Orificio,
- 31: Área circular,
- 35: Pieza en bruto (TWB) para prueba de expansión de orificio,
- 35a: Orificio,
- 41: Troquel,
- 41a: Abertura,
- 41b: Sección achaflanada redonda,
- 42: Punzón,
- 42a: Sección de reborde,
- 43: Soporte de pieza en bruto,
- 51: Elemento de impacto,
- 61: Pieza en bruto,
- 62: Primera lámina de metal,
- 62a: Área de la primera lámina de metal que será eliminada por recorte,
- 63: Segunda lámina de metal,
- 63a: Área de la segunda lámina de metal que será eliminada por recorte,
- L: Línea de soldadura.

## REIVINDICACIONES

1. Un producto formado en prensa que comprende una pieza en bruto a medida compuesta por una pluralidad de láminas de metal (21, 22) unidas por soldadura a tope, en donde
- 5 el producto formado en prensa incluye una sección de brida (10d) y un área en forma de arco (14) en la que está abierto un borde periférico interior (14b) en el área de la sección de brida (10d), **caracterizado por que** una línea de soldadura (L) de la pieza en bruto a medida se cruza con el borde periférico interior (14b) del área en forma de arco (14) y un borde periférico exterior (14a) del área en forma de arco, un ángulo ( $\theta$ ) formado por la línea de soldadura (L) y una dirección de deformación principal máxima es de 17 a 84°.
- 10 2. El producto formado en prensa de acuerdo con la reivindicación 1, en donde un ángulo formado por la línea de soldadura y una línea tangencial del borde periférico interior (14b) en un punto de intersección entre la línea de soldadura (L) y el borde periférico interior es de 40 a 75°.
- 15 3. El producto formado en prensa de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en donde un número de las láminas de metal (21, 22) para componer la pieza en bruto a medida es dos, y las dos láminas de metal (21, 22) son diferentes entre sí en al menos uno de la resistencia a la tracción y el grosor de lámina.
- 20 4. El producto formado en prensa de acuerdo con la reivindicación 3, en donde el producto formado en prensa es un componente de armazón de automóvil que está curvado en forma de L a lo largo de la dirección longitudinal, teniendo el componente de armazón una sección transversal en forma de sombrero a lo largo de todo un intervalo en la dirección longitudinal; el componente de armazón incluye una región curvada (13), curvada a lo largo de la dirección longitudinal, y una primera región (11) y una segunda región (12), que se extienden respectivamente desde ambos extremos de la región curvada (13), suponiéndose que el componente de
- 25 armazón se somete a una carga de colisión a lo largo de una dirección extendida de la primera región (11); el área en forma de arco (14) es una sección de brida (10d) en un lado interior de la curva de la región curvada; y un grosor de lámina de la lámina de metal dispuesta en el lado de la primera región es mayor que un grosor de lámina de la lámina de metal dispuesta en el lado de la segunda región.
- 30 5. El producto formado en prensa de acuerdo con la reivindicación 4, en donde el componente de armazón es una parte inferior - exterior de pilar frontal (10), y la primera región (11) está acoplada a un estribo lateral, y la segunda región (12) está acoplada a una parte superior de pilar frontal.
- 35 6. El producto formado en prensa de acuerdo con la reivindicación 4 o 5, en donde una diferencia entre un valor de multiplicación de una resistencia a la tracción y un grosor de lámina de la lámina de metal dispuesta en el lado de la primera región (11), y un valor de multiplicación de una resistencia a la tracción y un grosor de lámina de la lámina de metal dispuesta en el lado de la segunda región (14) es no mayor que 600 mm·MPa.
- 40 7. Un método para diseñar un producto formado en prensa, conformándose el producto formado en prensa por trabajo de prensado a partir de una pieza en bruto a medida compuesta por una pluralidad de láminas de metal (21, 22) unidas por soldadura a tope, en donde el producto formado en prensa incluye una sección de brida (10d) y un área en forma de arco (14) que es formada por deformación de brida por estiramiento y en la que está abierto un borde periférico interior (14b), en el área de la
- 45 sección de brida (10d), **caracterizado por que** una línea de soldadura (L) de la pieza en bruto a medida se cruza con el borde periférico interior (14b) del área en forma de arco y un borde periférico exterior (14a) del área en forma de arco, y **por que** cuando se diseña el producto formado en prensa, la línea de soldadura (L) se dispone de tal modo que, durante el trabajo de prensado, una diferencia relativa entre la deformación  $d_{\epsilon_{WLY}}$  en una dirección a lo largo de la línea de soldadura en un centro en una dirección de ancho de la línea de soldadura, y la deformación  $d_{\epsilon_{Y}}$  en una dirección a lo largo de la línea de soldadura en las proximidades de la línea de soldadura de la lámina de metal es no mayor que 0,030.
- 50 8. El método para diseñar un producto formado en prensa de acuerdo con la reivindicación 7, en donde la diferencia relativa entre la deformación  $d_{\epsilon_{WLY}}$  y la deformación  $d_{\epsilon_{Y}}$  es 0.
- 55

FIG.1A

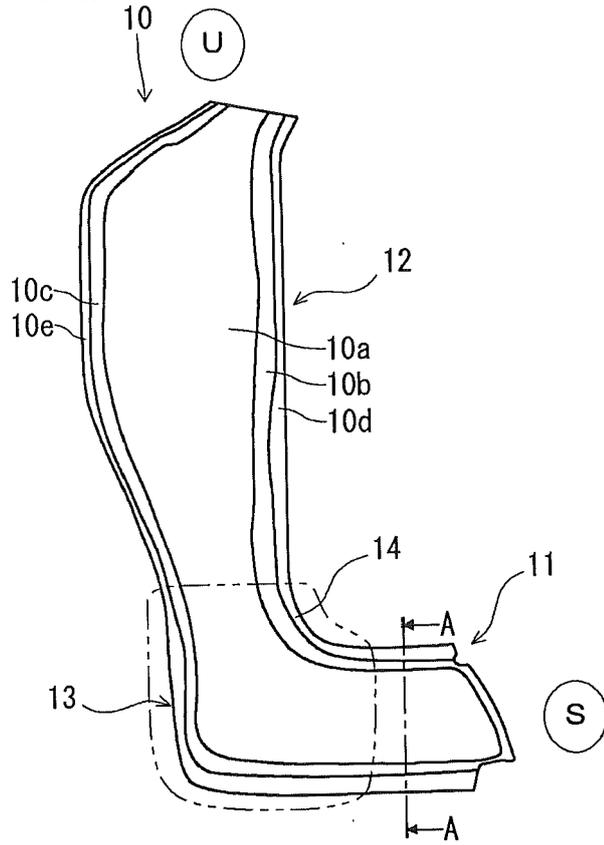


FIG.1B

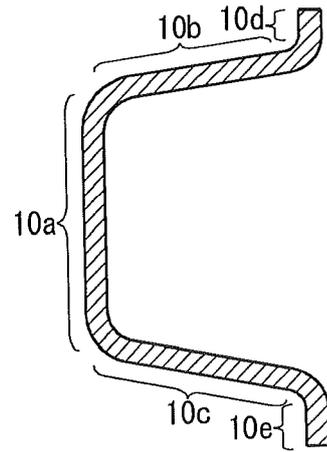


FIG.2

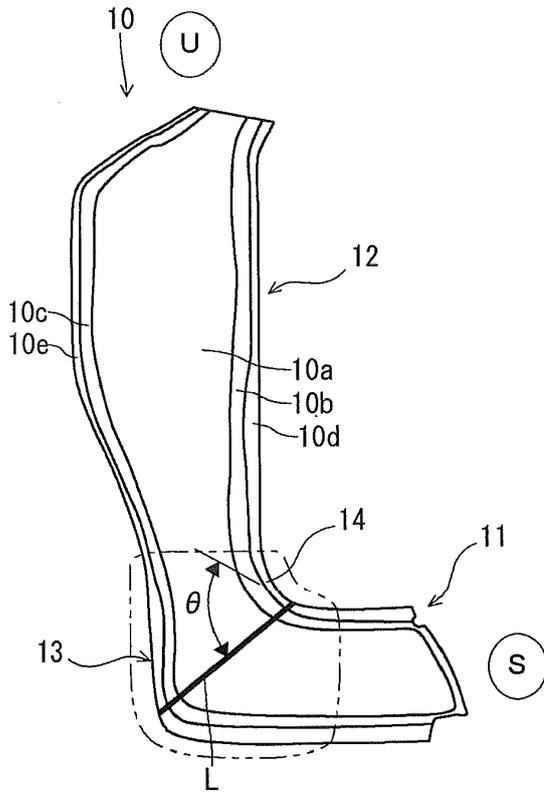


FIG.3

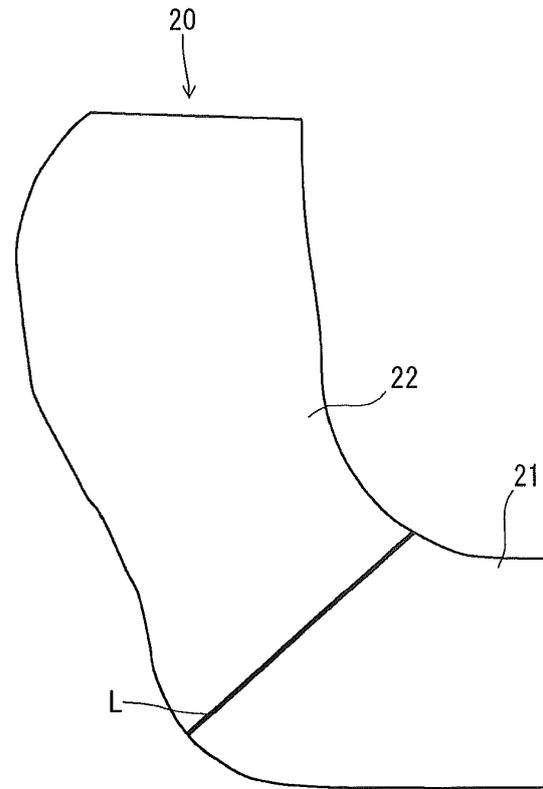


FIG.4

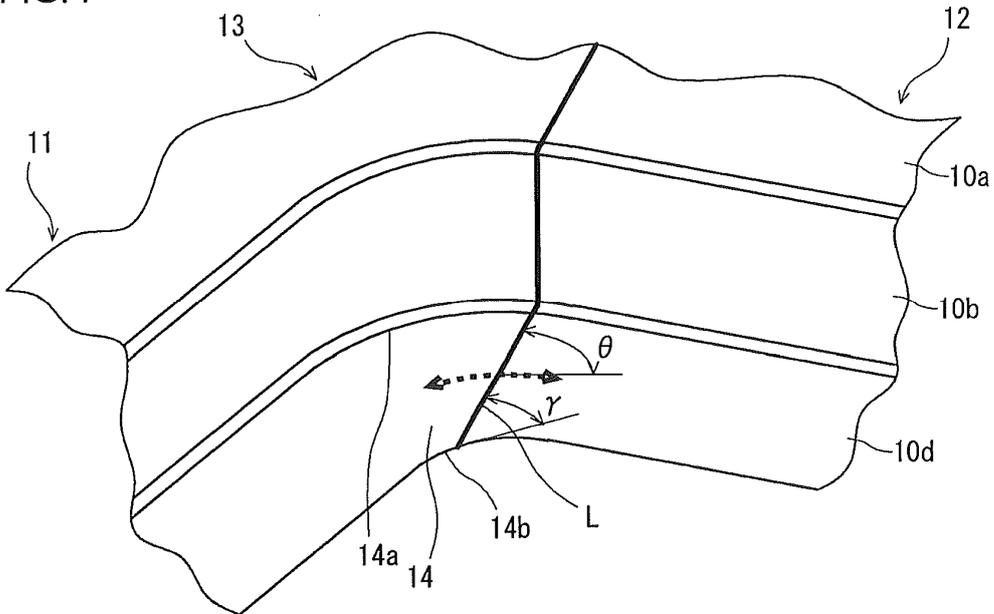


FIG.5

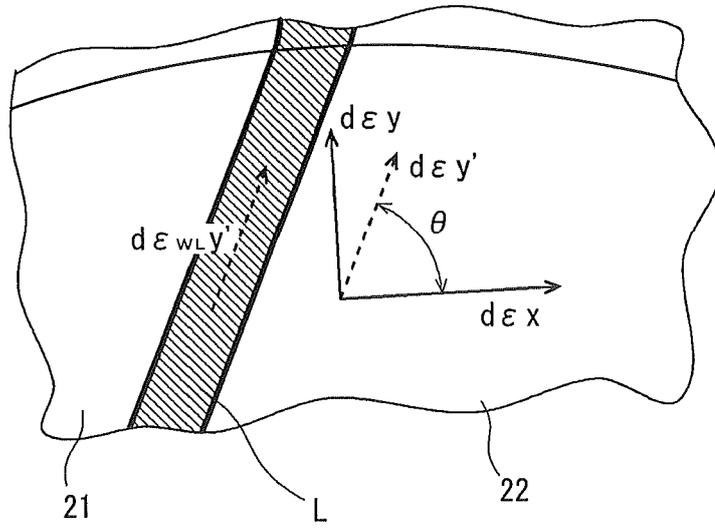




FIG.6B

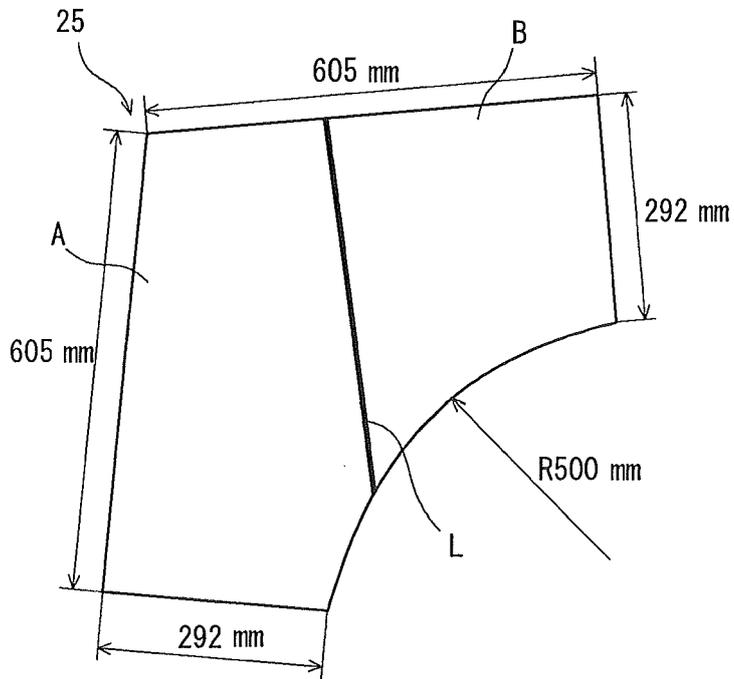


FIG.6C

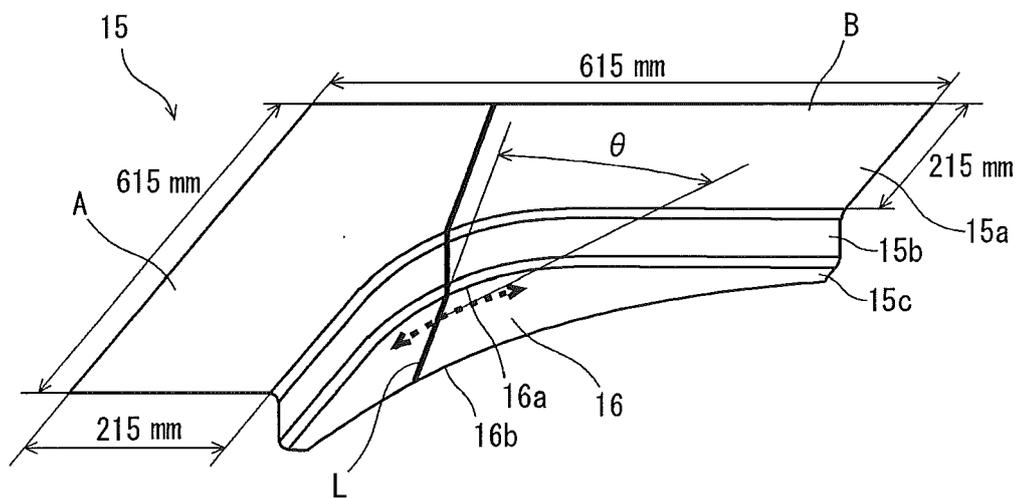


FIG.7

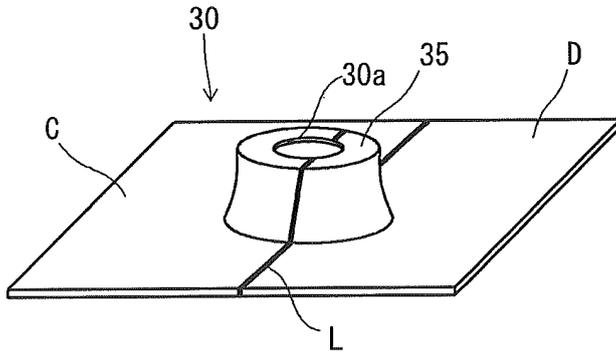


FIG.8

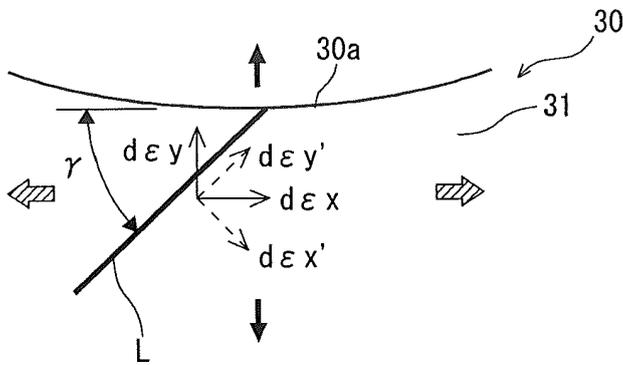


FIG.9

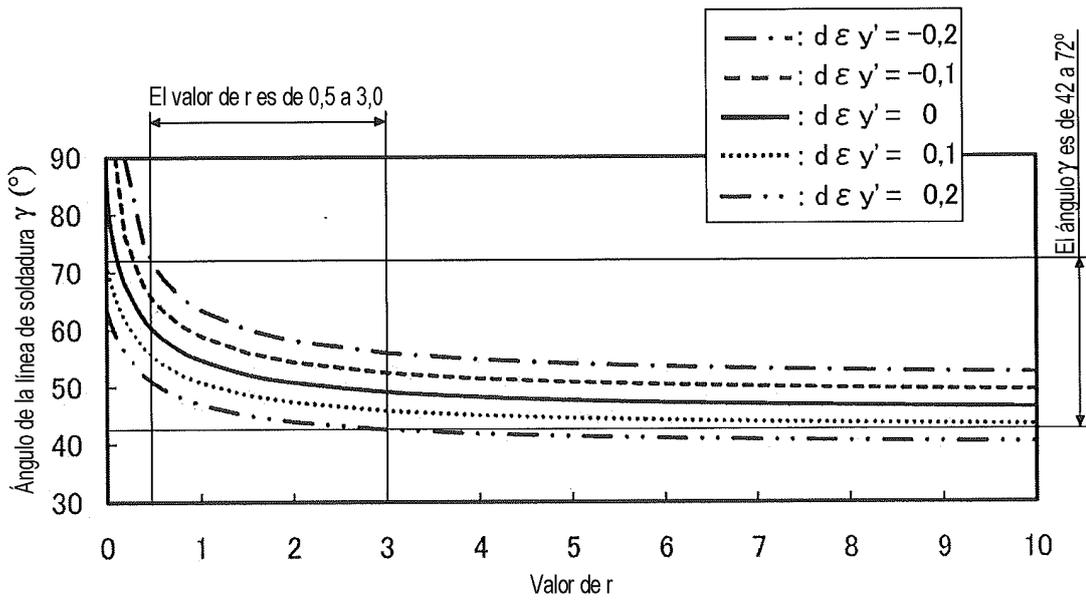


FIG.10

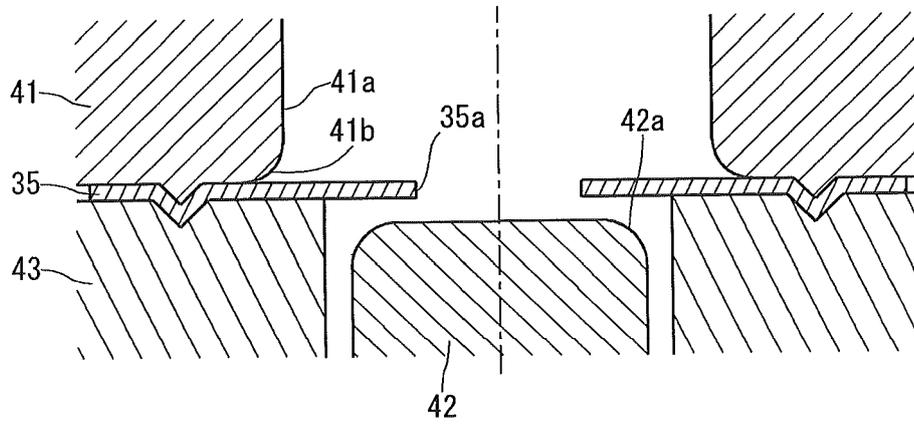


FIG.11

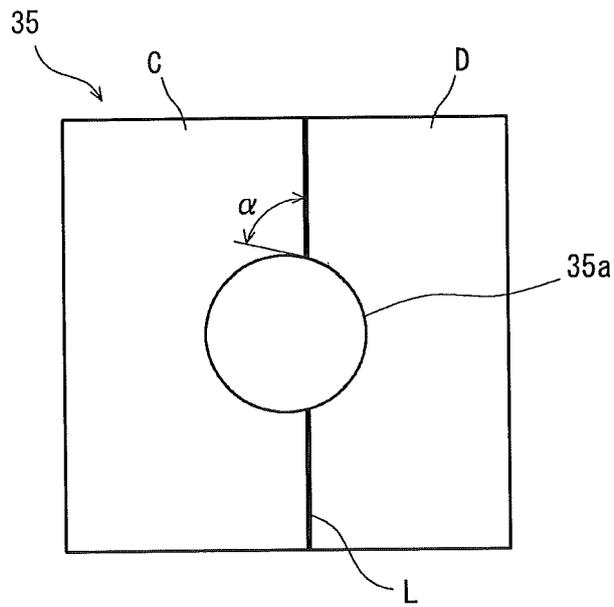


FIG.12A

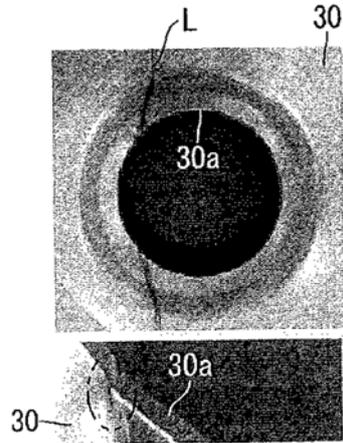


FIG.12B

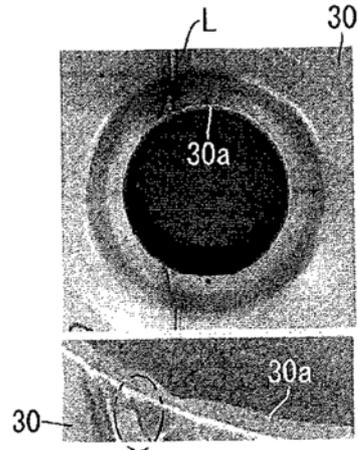


FIG.12C

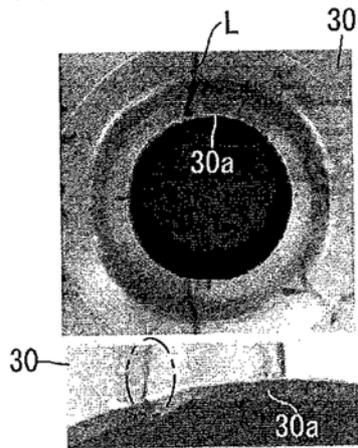


FIG.12D

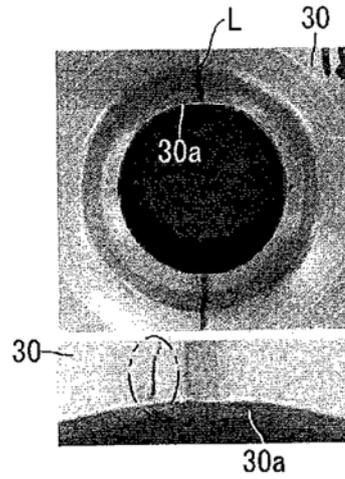


FIG.13

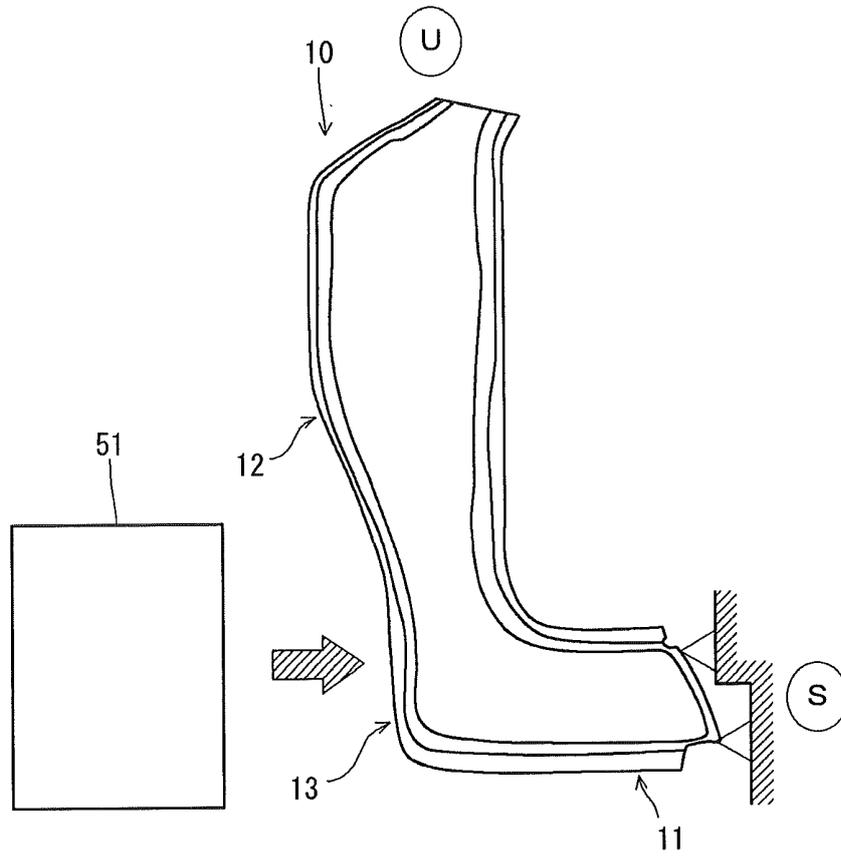


FIG.14A

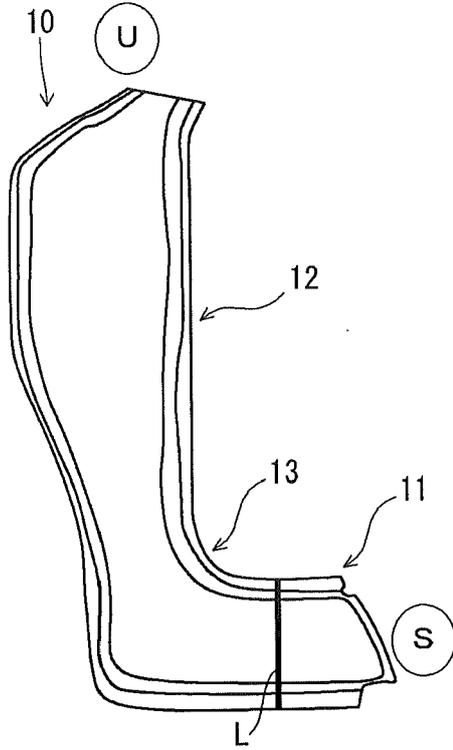


FIG.14B

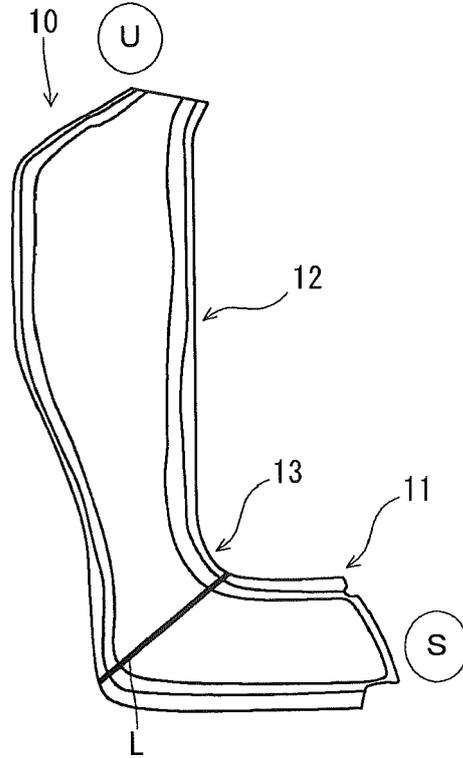


FIG.14C

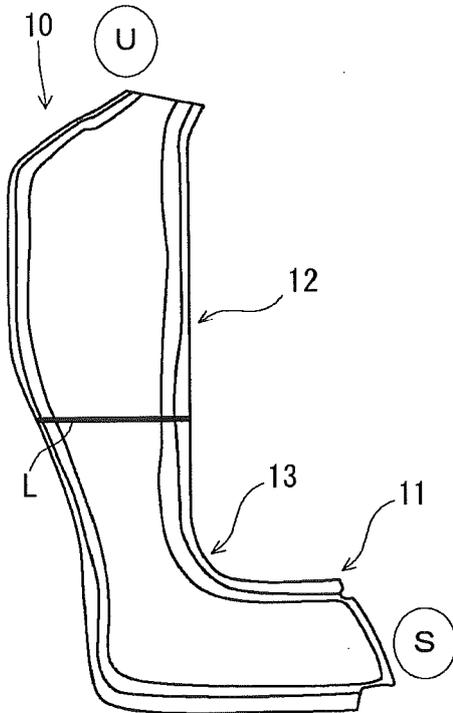


FIG. 15A

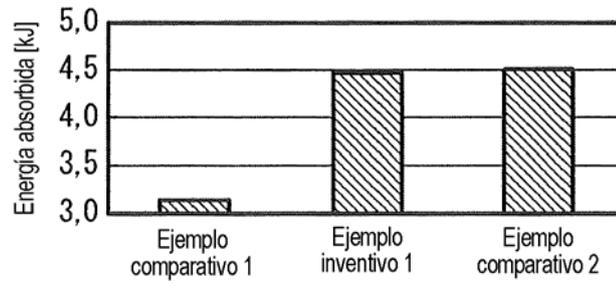
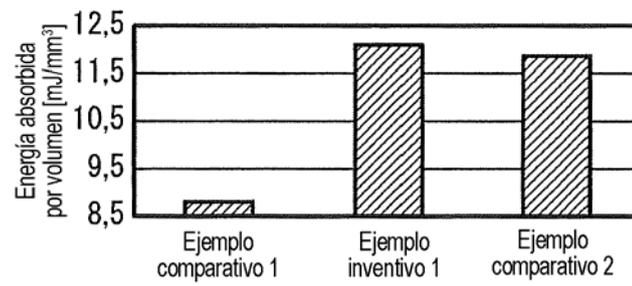


FIG. 15B



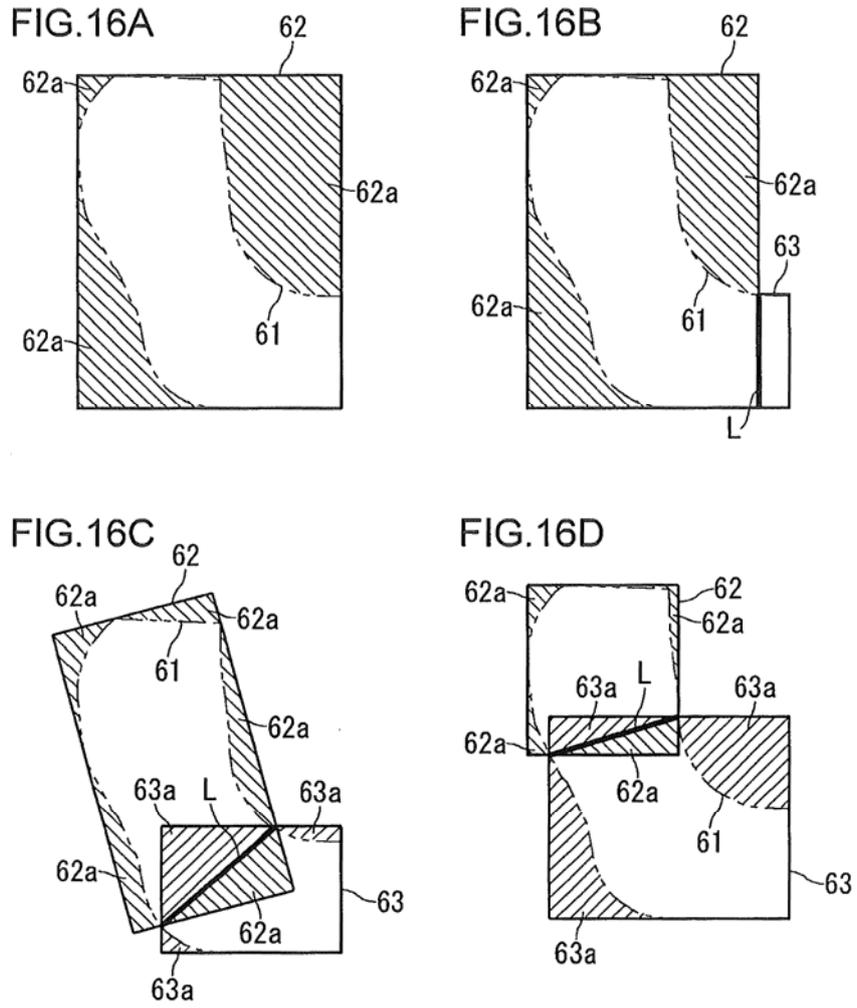


FIG. 17

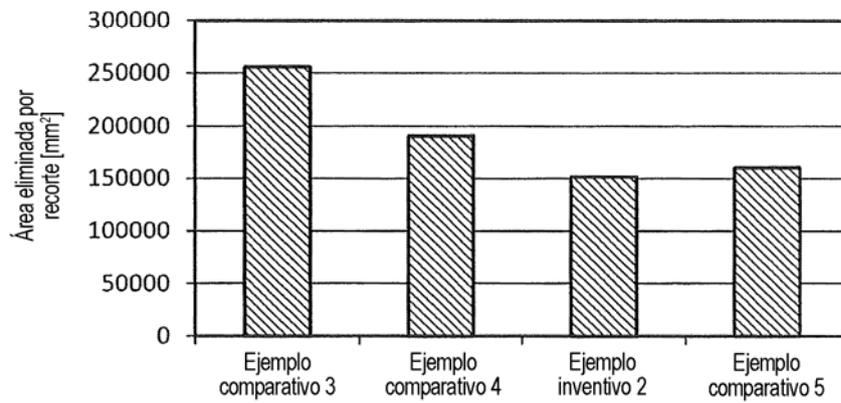


FIG.18

