

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 607 703**

51 Int. Cl.:

B21D 47/01 (2006.01)

B21D 11/14 (2006.01)

B21D 51/16 (2006.01)

B62D 21/15 (2006.01)

B62D 29/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.01.2010 PCT/JP2010/050671**

87 Fecha y número de publicación internacional: **29.07.2010 WO10084898**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.01.2010 E 10733505 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.09.2016 EP 2390021**

54 Título: **Miembro hueco**

30 Prioridad:

21.01.2009 JP 2009011163

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

03.04.2017

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**TOMIZAWA, ATSUSHI;
SHIMADA, NAOAKI y
YOSHIDA, MICHITAKA**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 607 703 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

Miembro hueco

Campo técnico

5 Esta invención se refiere a un miembro hueco. Específicamente, la presente invención se refiere aun miembro hueco y ligero que tiene excelentes propiedades de rigidez y frente a los impactos.

Técnica anterior

10 Se utilizan miembros resistentes, miembros de refuerzo y miembros estructurales hechos de metal en automóviles y en diversos tipos de máquinas. Se requiere que estos miembros tengan una elevada resistencia, un peso ligero y un pequeño tamaño. Desde el pasado, estos miembros se han venido fabricando por métodos de trabajo tales como soldadura de partes conformadas en prensa, y troquelado o forja de placas gruesas. Sin embargo, resulta extremadamente difícil reducir adicionalmente el peso y el tamaño de los miembros fabricados mediante estos métodos de fabricación. Por ejemplo, a la hora de fabricar partes soldadas mediante el solapamiento parcial de dos paneles formados por trabajo en prensa y la soldadura de estos, es necesario formar unas porciones con un espesor en exceso, a las que se hace referencia como bridas, en los bordes de los paneles, y, como resultado de ello, el peso de las partes soldadas aumenta inevitablemente en una cantidad correspondiente al espesor en exceso.

20 Un método de trabajo conocido como hidroconformación (véase, por ejemplo, el Documento de Literatura no Patente 1) conforma un tubo hasta obtener una forma complicada mediante la introducción de un fluido de trabajo a una presión elevada en el interior de un conducto que constituye el material que se ha de trabajar, dispuesto dentro de un molde, y la realización de una deformación mediante la expansión del conducto de un modo tal, que la superficie externa del conducto se adapta a la superficie interna del molde. Las partes que tienen una forma complicada se forman integralmente por hidroconformación, sin necesidad de formar bridas. En los años recientes, la hidroconformación se ha venido aplicando activamente a partes de automoción con el objetivo de reducir el peso de las partes de automoción.

25 La hidroconformación es un tipo de trabajo en frío. En consecuencia, la conformación de un material que se ha de trabajar y que tiene una resistencia elevada, tal como al menos 780 MPa, en una parte de automoción que tiene una forma complicada, resulta difícil como consecuencia de la ductilidad inadecuada del material que se ha de trabajar. Como la hidroconformación requiere, por lo general, tres etapas de fabricación, a saber: doblamiento, preconformación e hidroconformación, esta resulta relativamente complicada. Por otra parte, un aparato de hidroconformación es grande y relativamente caro.

30 El presente Solicitante ha divulgado un aparato de trabajo en el Documento de Patente 1. La Figura 7 es una vista explicativa que muestra esquemáticamente este aparato de trabajo 0.

El aparato de trabajo 0 fabrica un miembro doblado utilizando un material metálico 1 como material que ha de ser trabajado mediante las siguientes etapas:

- 35 (a) Unos medios de soporte 2 soportan el material metálico 1 de forma tal, que este puede moverse en su dirección axial.
- (b) Un dispositivo de alimentación 3 aporta el miembro de metal 1 que es soportado por los medios de soporte 2, desde el lado de aguas arriba hasta el lado de aguas abajo, al tiempo que el miembro de metal 1 experimenta un doblamiento en el lado de aguas abajo de los medios de soporte 2.
- 40 (c) Se lleva a cabo el doblamiento de la siguiente manera. Una bobina de calentamiento por inducción 5, dispuesta aguas abajo de los medios de soporte 2, calienta localmente de forma rápida el miembro de metal 1 hasta un intervalo de temperaturas en el que es posible un endurecimiento por enfriamiento progresivo. Un dispositivo de enfriamiento 6 (tal como un dispositivo de enfriamiento por agua), dispuesto inmediatamente aguas abajo de la bobina de calentamiento por inducción 5, enfría rápidamente el miembro de metal 1. Una matriz de rodillos móviles 4 tiene al menos un conjunto de pares de rodillos 4a que pueden soportar el miembro de metal 1 mientras lo aportan. La matriz de rodillos móviles 4 se ha dispuesto aguas abajo del dispositivo de enfriamiento 6. Variando su posición de forma bidimensional o tridimensional, la matriz de rodillos móviles imparte un momento flector a la porción calentada del miembro de metal 1.

Es decir, se fabrica un miembro doblado mediante el aparato de trabajo 0 por medio de las siguientes etapas:

- 50 (I) Un material metálico alargado 1, que tiene una forma en sección transversal cerrada y hueca y está constituido por una única pieza según la dirección longitudinal, es trabajado por medio de un par de rodillos hasta formar un miembro intermedio de metal alargado que tiene una forma en sección transversal cerrada, hueca y no equidimensional (plana), con un par de lados más largos opuestos.

- (II) El dispositivo de alimentación 3 lleva a cabo el aporte relativo del miembro intermedio según su dirección longitudinal.
- (III) Los medios de soporte 2 soportan el miembro intermedio que está siendo aportado, en una primera posición.
- 5 (IV) La bobina de calentamiento por inducción 5 calienta localmente el miembro intermedio que está siendo aportado, en una segunda posición situada aguas abajo de la primera posición según la dirección de aporte del miembro intermedio.
- (V) El dispositivo de enfriamiento 6 enfría la porción calentada del miembro intermedio que está siendo aportado, en una tercera posición situada aguas abajo de la segunda posición según la dirección de aporte del miembro intermedio.
- 10 (VI) Se aplica un momento flector a la porción calentada del miembro intermedio, variando bidimensional o tridimensionalmente la posición de la matriz de rodillos móviles 4 que soporta el miembro intermedio que está siendo aportado, en una región situada aguas abajo de la tercera posición según la dirección de aporte del miembro intermedio.
- 15 El aparato de trabajo 0 puede llevar a cabo la conformación de una parte de automoción de una sola pieza y que tiene una resistencia elevada, tal como al menos 780 MPa, y una forma complicada, mediante etapas simples y utilizando un equipo de conformación relativamente barato. De esta manera, se fabrica mediante el aparato de trabajo 0 un miembro doblado que tiene una rigidez elevada.

Documentos de la técnica anterior

20 Documento de Patente

Documento de Patente 1: WO 2006/093006

Documentos de Literatura no Patente

Documento de Literatura no Patente 1: Jidosha Gijutsu (Journal of Society of Automotive Engineers of Japan), Vol. 57, N° 6 (2003), páginas 23 - 28

25 Se describe un miembro hueco proporcionado a modo de ejemplo en el documento EP-A-1.857.195, el cual divulga las características del preámbulo de la reivindicación 1.

Compendio de la invención

Problema que ha de solucionar la invención

30 Existe una creciente demanda de un miembro ligero que no solo tenga una elevada resistencia y una forma complicada, sino que también presente una elevada rigidez y excelentes propiedades frente al impacto, para uso como miembros resistentes, miembros de refuerzo y miembros estructurales para partes de automoción. Se requieren, por lo tanto, mejoras adicionales en las propiedades de un miembro doblado fabricado por medio del aparato de trabajo 0.

Medios para solucionar el problema

35 La presente invención consiste en un miembro hueco que tiene un cuerpo hueco hecho de acero, de acuerdo con el contenido de la reivindicación 1.

En la presente invención, el cuerpo tiene, preferiblemente, porciones endurecidas por enfriamiento progresivo, formadas en ciertas porciones de la longitud y/o de la circunferencia del cuerpo.

40 En la presente invención, al menos la porción retorcida tiene, preferiblemente, una tensión residual de, a lo sumo, +150 MPa. En la presente invención, al menos la porción retorcida tiene, más preferiblemente, una tensión residual de, a lo sumo, +50 MPa. En la presente invención, aún de forma más preferible, sustancialmente toda la parte de la porción retorcida tiene una tensión residual de compresión. En esta descripción, en lo que se refiere a las tensiones residuales, un valor positivo indica una tensión residual de tracción y un valor negativo indica una tensión residual de compresión.

45 En la presente invención, un miembro hueco de acuerdo con la presente invención se utiliza, preferiblemente, como un miembro resistente, un miembro de refuerzo o un miembro estructural para un automóvil.

Efectos de la invención

De acuerdo con la presente invención, se proporciona un miembro hueco y ligero que tiene una rigidez y una

resistencia a los impactos excelentes, y que resulta adecuado para su uso en partes de automoción debido a que tiene una resistencia a la tracción de al menos 780 MPa, por ejemplo, y una forma complicada.

Breve descripción de los dibujos

- 5 La Figura 1 es una vista explicativa que muestra un ejemplo de un miembro hueco de acuerdo con la presente invención.
- La Figura 2 es una vista explicativa que muestra otro ejemplo de un miembro hueco de acuerdo con la presente invención.
- La Figura 3 es una vista explicativa que muestra aún otro ejemplo de un miembro hueco de acuerdo con la presente invención.
- 10 La Figura 4 es un gráfico que muestra los resultados del cálculo de la velocidad de aumento del momento segundo de área de un miembro hueco que tiene una forma obtenida retorciendo una sección transversal rectangular con una circunferencia exterior de 100 mm, un espesor de pared de 2 mm y una relación geométrica k de 1,1; 1,2; 1,5 o 2,0, en función de un ángulo θ (theta).
- 15 La Figura 5 es un gráfico que muestra los resultados del cálculo de la velocidad de aumento del momento segundo de área de un miembro hueco que tiene una forma obtenida retorciendo una sección transversal rectangular con una circunferencia de 100 mm, un espesor de pared de 2 mm y una relación geométrica k de 1,2; 1,5; 2,0 o 5,0, en función de un ángulo θ (theta).
- La Figura 6 es una vista explicativa que muestra un miembro hueco que tiene una porción retorcida y una porción doblada.
- 20 La Figura 7 es una vista explicativa que muestra esquemáticamente un aparato de trabajo que el presente Solicitante ha divulgado previamente en el Documento de Patente 1.

Explicación de símbolos

- 0 aparato de trabajo
- 1 material metálico
- 25 2 medios de soporte
- 3 dispositivo de alimentación
- 4 matriz de rodillos movibles
- 5 bobina de calentamiento por inducción
- 6 dispositivo de enfriamiento
- 30 11 - 13, 19 miembro hueco
- 14, 20 cuerpo
- 15 primera porción
- 15a plano imaginario
- 16 segunda porción
- 35 16a plano imaginario
- 17 porción retorcida
- 17-1 primera porción retorcida
- 17-2 segunda porción retorcida
- 18 porción doblada
- 40 21, 22 primera porción

Realizaciones de la invención

La presente invención se explicará haciendo referencia a los dibujos que se acompañan. En la siguiente explicación, se proporcionará un ejemplo del caso en que el cuerpo de un miembro hueco tiene una sección transversal rectangular. Sin embargo, la presente invención no se limita a este caso, y la presente invención puede ser
 5 similarmente aplicada al caso en que el cuerpo tiene una sección transversal no equidimensional (plana) tal como una sección transversal elíptica u oval que tiene al menos una porción con una dimensión exterior máxima L_1 , y una porción con una dimensión exterior L_2 que es más corta que la dimensión exterior máxima L_1 .

La Figura 1 es una vista explicativa que muestra un ejemplo de un miembro hueco 11 de acuerdo con la presente invención. La Figura 2 es una vista explicativa que muestra otro ejemplo de un miembro hueco 12 de acuerdo con la
 10 presente invención. La Figura 3 es una vista explicativa que muestra aún otro ejemplo de un miembro hueco 13 de acuerdo con la presente invención.

Los miembros huecos 11 - 13 tienen, cada uno de ellos, un cuerpo hueco 14 hecho de metal (acero, en este ejemplo).

El cuerpo 14 está constituido por un solo miembro unitario, al menos en la dirección longitudinal. Por lo tanto, el
 15 cuerpo 14 no tiene juntas tales como soldaduras o elementos similares formados en una dirección transversal a la dirección longitudinal.

El cuerpo 14 tiene una sección transversal no equidimensional. La sección transversal no equidimensional tiene al menos una porción con una dimensión exterior máxima L_1 y una porción con una dimensión exterior L_2 que es más corta que la dimensión exterior máxima L_1 .

Ninguno de los miembros huecos 11 - 13 tiene un miembro de refuerzo, tal como un refuerzo en el interior del
 20 cuerpo 14. De esta manera, cada uno de los miembros huecos 11 - 13 tiene una estructura extremadamente simple. Los miembros huecos 11 - 13 son, cada uno de ellos, de peso ligero.

El cuerpo 14 tiene una porción retorcida 17 en una parte de su longitud. El cuerpo 14 tiene una primera porción 15
 25 que está presente en uno de los lados, según la dirección longitudinal, del cuerpo 14, tomando la porción retorcida 17 como un límite. El cuerpo 14 tiene también una segunda porción 16, presente en el otro lado, según la dirección longitudinal, del cuerpo 14, tomando la porción retorcida 17 como un límite.

El ángulo de intersección entre un plano imaginario 15a que incluye una porción que tiene la dimensión exterior
 30 máxima L_1 , en la primera porción 15, y un plano imaginario 16a que incluye una porción que tiene la dimensión máxima L_1 , en la segunda porción 16 (al que se hace referencia en lo que sigue como ángulo de intersección), no es cero grados. Por otra parte, la porción retorcida tiene una resistencia a la tracción de al menos 780 MPa.

Se explicará la razón por la que los miembros huecos 11 - 13 tiene una porción retorcida 17. En general, un índice
 comúnmente utilizado representativo de la rigidez a la flexión, EI , alrededor del eje x de un miembro hueco con una sección transversal rectangular es el momento segundo de área, I_x . Si el módulo de Young es E, la anchura del miembro hueco es b, su altura es h, su espesor de pared es t y su relación geométrica es k, entonces $b = kh$.

Aquí, el momento segundo de área, $I_{\theta x}$, cuando la sección transversal del miembro hueco está retorcida en un
 35 ángulo θ (theta), viene dada por las siguientes ecuaciones:

$$I_{\theta x} = (1/2)(I_x + I_y) + (1/2)(I_x - I_y)\cos 2\theta$$

$$I_x = (1/12)\{bh^3 - (b - 2t)(h - 2t)^3\}$$

$$I_y = (1/12)\{hb^3 - (h - 2t)(b - 2t)^3\}$$

La Figura 4 es un gráfico que muestra los resultados del cálculo, utilizando las ecuaciones anteriores, de la
 40 velocidad de aumento del momento segundo de área de un miembro hueco que tiene una forma obtenida retorciendo una sección transversal rectangular que tiene una circunferencia exterior de 100 mm, un espesor de pared de 2 mm y una relación geométrica k de 1,1; 1,2; 1,5 o 2,0, en función de un ángulo θ (theta).

Como se muestra en el gráfico de la Figura 4, cuanto mayor es la relación geométrica, esto es, cuanto mayor es el
 45 grado de planitud (calidad de no equidimensional), mayor es el aumento de la rigidez a la flexión cuando se imparte un ángulo de retorcimiento.

La Figura 5 es un gráfico que muestra los resultados del cálculo, utilizando las anteriores ecuaciones, de la
 50 velocidad de aumento del momento segundo de área de un miembro hueco que tiene una forma obtenida retorciendo una sección transversal rectangular con un perímetro exterior de 100 mm, un espesor de pared de 2 mm y una relación geométrica k de 1,2; 1,5; 2,0 o 5,0, en función de un ángulo θ (theta).

Como se muestra en la Figura 5, la rigidez a la flexión crece de forma acusada cuando se imparte un ángulo de

intersección de al menos 4 grados y, preferiblemente, de al menos 5 grados.

Los miembros huecos 11 - 13 presentan, cada uno de ellos, una rigidez aumentada como consecuencia de tener una porción retorcida 17.

5 De los resultados mostrados en los gráficos de las Figuras 4 y 5, el valor de la relación (máxima dimensión exterior L_1) / (dimensión exterior más corta L_2) de los miembros huecos 11 - 13 es, preferiblemente, al menos 1,2 y, más preferiblemente, al menos 1,5.

Puede formarse una única porción retorcida 17 según la dirección longitudinal de un miembro hueco 12, tal como se muestra en la Figura 2, o pueden proporcionarse dos porciones retorcidas según la dirección longitudinal de un miembro hueco 11 ó 13, tal como se muestra en las Figuras 1 y 3, o bien pueden proporcionarse tres o más.

10 Los miembros huecos 11 - 13 pueden ser fácilmente fabricados por un aparato de trabajo que está constituido mediante una modificación parcial del aparato de trabajo 0 mostrado en la Figura 7. A saber, los rodillos que constituyen los medios de soporte 2 y la matriz de rodillos móviles 4 del aparato de trabajo 0 son reemplazados por unos rodillos acanalados que pueden soportar la superficie externa de los miembros huecos 11 - 13, y se proporciona, de manera adicional, un mecanismo móvil que mueve tridimensionalmente la posición de la matriz de rodillos móviles 4.

15 Los miembros huecos 11 - 13 que están soportados por los medios de soporte 2 de manera que son móviles según su dirección longitudinal, son aportados por el dispositivo de alimentación 3 desde el lado de aguas arriba hasta el lado de aguas abajo. A continuación, los miembros huecos 11 - 13 son calentados localmente de forma rápida por medio de la bobina de calentamiento por inducción 5, situada aguas abajo de los medios de soporte 2, hasta un intervalo de temperaturas en el que es posible un endurecimiento por enfriamiento progresivo. Seguidamente, los miembros huecos 11 - 13 son enfriados por el dispositivo de enfriamiento 6.

La matriz de rodillos móviles 4 tiene al menos un conjunto de pares de rodillos 4a que pueden soportar los miembros huecos 11 - 13 a la vez que los aportan. Puede formarse una porción retorcida 17 en la porción calentada de los miembros huecos 11 - 13 variando tridimensionalmente la posición de la matriz de rodillos móviles 4.

25 En lugar de los medios de soporte 2, del dispositivo de alimentación 3 y de la matriz de rodillos móviles 4 de este aparato de trabajo, el aporte y soporte de los miembros huecos 11 - 13 puede llevarse a cabo utilizando un accesorio que es sostenido por al menos un robot articulado de propósito general. A saber, al

- (a) producir un movimiento relativo de los miembros huecos 11 - 13 en su dirección longitudinal con respecto a la bobina de calentamiento por inducción 5 y al dispositivo de enfriamiento 6,
- 30 (b) soportar los miembros huecos 11 - 13 por uno de los lados de la porción que es calentada, por ejemplo, por un robot industrial, y
- (c) mover tridimensionalmente la posición de uno o ambos lados de los miembros huecos 11 - 13 por uno de los lados de la porción que está siendo calentada, haciendo funcionar un robot industrial que soporta uno o ambos lados,

35 puede formarse una porción retorcida 17 en la porción calentada de los miembros huecos 11 - 13, sin tener que utilizar unos medios de soporte 2, un dispositivo de alimentación 3 y una matriz de rodillos móviles 4.

40 Al establecer la temperatura del calentamiento de los miembros huecos 11 - 13 por parte de la bobina de calentamiento por inducción 5, en una temperatura a la que es posible un endurecimiento por enfriamiento progresivo, y establecer adecuadamente la velocidad del enfriamiento de los miembros huecos 11 - 13 por parte del dispositivo de enfriamiento 6, pueden formarse localmente porciones endurecidas por enfriamiento progresivo en la dirección longitudinal del cuerpo 14 de los miembros huecos 11 - 13 y/o en la dirección longitudinal del cuerpo. Estableciendo adecuadamente las posiciones en las que se forman las porciones endurecidas por enfriamiento progresivo, es posible ajustar diversas propiedades mecánicas de los miembros huecos 11 - 13, por lo que es posible proporcionar miembros huecos 11 - 13 que satisfacen adecuadamente las propiedades exigidas por, por ejemplo, partes de automoción.

45 A fin de evitar una disminución de la precisión dimensional de los miembros huecos 11 - 13 que se hacen pasar a través de la matriz de rodillos móviles 4 como consecuencia de su altura, se ha dispuesto, preferiblemente, un dispositivo de evitación de deformación en el lado de aguas abajo de la matriz de rodillos móviles 4, en este aparato de trabajo. Colocando los miembros huecos 11 - 13 que ya han sido tratados utilizando el dispositivo de evitación de deformación, en la región de aguas abajo de la matriz de rodillos móviles 4, es posible evitar con certeza la deformación de los miembros huecos 11 - 13 así como una reducción de la precisión dimensional de los mismos. No es necesario proporcionar un dispositivo de evitación de deformación.

50 Ejemplos de dispositivo de evitación de deformación son: (a) un dispositivo que soporta y guía el extremo frontal de los miembros huecos 11 - 13 que han pasado a través de la matriz de rodillos móviles 4; (b) una mesa de evitación

de deformación, que evita la deformación debida al peso sobre los miembros huecos 11 - 13 al tener, dispuestos sobre ella, los miembros huecos 11 - 13 que han pasado a través de la matriz de rodillos móviles 4; y (c) un robot articulado conocido, que soporta una porción de los miembros huecos 11 - 13 que han pasado a través de la matriz de rodillos 4.

- 5 No es posible proporcionar una porción retorcida por trabajo en frío en un miembro hueco que se ha dado a conocer en la técnica y que tiene un cuerpo hueco de metal con una sección transversal no equidimensional y una resistencia a la tracción de al menos 780 MPa, debido a que el miembro hueco tiene una elevada resistencia a la deformación. En contraste con esto, los miembros huecos 11 - 13 pueden ser fabricados por trabajo en caliente utilizando un aparato de trabajo obtenido mediante tan solo una ligera modificación de una parte del aparato de trabajo 0. En consecuencia, puede formarse una porción retorcida 17 en el cuerpo 14 con extrema facilidad y de forma cierta.

Debido a que este aparato de trabajo 0 se sirve del endurecimiento por enfriamiento progresivo para formar la porción retorcida 17, la resistencia a la tracción de la porción retorcida 17 puede ser fácilmente aumentada hasta al menos 780 MPa.

- 15 Además de ello, esta porción retorcida 17 tiene excelentes propiedades frente a la fatiga por las siguientes razones.

En general, cuando se fabrica un producto llevando a cabo un retorcimiento de un miembro hueco en un estado frío, se desarrolla una tensión residual relativamente grande en el producto. Se desarrolla una tensión residual de tracción en la dirección axial del producto, en la superficie de la periferia interior de la porción retorcida. Además de ello, se desarrolla una tensión residual de compresión en la dirección axial del producto, en la superficie de la periferia exterior de la porción retorcida. Las tensiones residuales que se desarrollan pueden llegar entre el 30% y el 40% de la tensión de límite elástico.

Un miembro hueco que tiene una elevada resistencia, tal como 780 MPa o 980 MPa, tiene una escasa ductilidad, de tal modo que el retorcimiento tan solo puede llevarse a cabo en un producto de manera que tenga una porción retorcida con un radio extremadamente grande. Incluso en una estimación conservadora, existe una alta probabilidad de que se desarrolle una tensión residual de al menos +200 MPa (una tensión residual de tracción) en la superficie del producto. Como es bien conocido, si se desarrolla una tensión residual de tracción en la superficie de un producto, las propiedades frente a la fatiga cuando el producto es repetidamente deformado se reducen en gran medida.

En el momento presente, no hay medio de fabricar un producto llevando a cabo un retorcimiento en un estado frío de un miembro hueco que tiene una resistencia elevada, tal como 780 MPa, 980 MPa, o incluso 1.200 MPa. Así, pues, no hay documentos publicados que divulguen los valores medidos de la tensión residual en estos productos. Incluso si se supone que un miembro hueco que tiene una elevada resistencia puede experimentar un retorcimiento en un estado frío, se desarrollará inevitablemente una tensión residual de tracción extremadamente grande en la porción retorcida. Por otra parte, si se desarrolla una tensión residual de tracción elevada en un miembro hueco que tiene una resistencia elevada de al menos 1.200 MPa, el peligro de una fractura retardada se incrementa. Semejante producto no puede ser utilizado como una parte de automoción.

En contraste con ello, una porción retorcida 17, formada por el aparato de trabajo 0, se ha conformado por retorcimiento en un estado caliente. No se desarrolla en la porción retorcida 17 ninguna tensión residual de tracción elevada que se produzca como consecuencia del retorcimiento en un estado frío.

40 La Tabla 1 muestra los resultados de medición, por el método de medición de tensiones por rayos X, de la tensión residual (en MPa) en la superficie, según la dirección axial de un producto obtenido por el retorcimiento de un miembro rectangular hueco que tiene un espesor de pared de 1,8 mm, una altura de 40 mm y una anchura de 50 mm, hecho de un acero que contiene boro y con un contenido de C del 0,2% en masa, utilizando el aparato de trabajo 0, con una deformación de flexión de 600 mm y un ángulo de retorcimiento por unidad de longitud de 0,2 grados por mm. La Tabla 2 muestra los resultados de medición de la tensión residual en la superficie, según la dirección circunferencial de este producto.

Los ángulos de las Tablas 1 y 2 son los ángulos en la posición de medición, según la dirección circunferencial, cuando el ángulo es 0 grados en una posición situada en el centro de la superficie superior, que tiene una anchura de 50 mm. El aparato de medición por rayos X que se utilizó para la medición de la tensión residual fue un modelo MXP-3, fabricado por la MAC Science Corporation (nombre actual: Bruker-AXS).

Tabla 1

0 grados	90 grados	180 grados	270 grados
-194	-210	-224	-217
-170	-243	-172	-76
-68	-50	-24	-148

Tabla 2

0 grados	90 grados	180 grados	270 grados
-214	-78	-224	-283
-316	-71	-183	-187
+123	+15	+108	-88

- 5 Como se ha mostrado en la Tabla 1, no se desarrolló una gran tensión residual de tracción en la dirección axial de la superficie de los productos, y sí se desarrolló una tensión residual de compresión en la dirección axial. Como se muestra en la Tabla 2, no se desarrolló una elevada tensión residual de tracción según la dirección circunferencial, en la superficie de los productos, y sí se desarrolló una tensión residual de compresión o una pequeña tensión residual de tracción.
- 10 De esta manera, al menos la porción retorcida 17 presenta una tensión residual de, a lo sumo, +150 MPa y, preferiblemente, a lo sumo +50 MPa. Más preferiblemente, sustancialmente todas las partes de al menos la porción retorcida 17 presentan una tensión residual de compresión. En consecuencia, este producto tiene propiedades extremadamente buenas frente a la fatiga.
- 15 No está claro el porqué de que la tensión residual en la superficie de un producto fabricado por el aparato de trabajo 0 sea un valor pequeño, de, a lo sumo, +150 MPa, que no se podía conseguir en el pasado. Se conjetura, sin embargo, que la distribución de la transformación martensítica según la dirección del espesor de pared se modifica al llevar a cabo el calentamiento y el enfriamiento por parte del aparato de trabajo 0.
- 20 Utilizando un aparato de trabajo que suponga una modificación parcial del aparato de trabajo 0 que se muestra en la Figura 7, es posible formar no solo una porción retorcida 17 en el cuerpo 14 de los miembros huecos 11 - 13, sino también una porción doblada que se dobla según un plano imaginario 15a o 16a. Al hacerlo así, es posible proporcionar un miembro hueco que tiene una forma aún más complicada.
- La Figura 6 es una vista explicativa que muestra un miembro hueco 19 que tiene una primera porción retorcida 17-1, una segunda porción retorcida 17-2 y una porción doblada 18.
- 25 La primera porción retorcida 17-1 y la segunda porción retorcida 17-2 están formadas en el cuerpo 20 del miembro hueco 19. La porción doblada 18 se ha formado entre una primera porción 21, situada en uno de los lados del cuerpo 20 según la dirección longitudinal, con una primera porción retorcida 17-1 como límite, y una primera porción 22, situada en uno de los lados del cuerpo 20 según la dirección longitudinal, con la segunda porción retorcida 17-2 como límite.
- 30 De esta manera, de acuerdo con la presente invención, utilizando un aparato de conformación barato y relativamente pequeño y etapas simples, es posible proporcionar un miembro hueco y ligero que tiene excelentes propiedades de rigidez y frente a los impactos, y que resulta adecuado para partes de automoción debido a que tiene una elevada resistencia, tal como al menos 780 MPa, y una forma complicada.

REIVINDICACIONES

- 1.- Un miembro hueco (11, 12, 13) que tiene un cuerpo hueco (14) hecho de acero, en el cual:
- 5 el cuerpo está constituido por un único miembro, al menos según la dirección longitudinal,
- el cuerpo tiene una sección transversal no equidimensional, que tiene al menos una porción con una dimensión exterior máxima (L1) y una porción con una dimensión exterior (L2) que es más corta que la dimensión exterior máxima,
- 10 el cuerpo tiene una porción retorcida (17),
- de tal modo que el ángulo de intersección entre un plano imaginario (15a) que incluye una porción que tiene la dimensión exterior máxima (L1), en una primera porción (15) que está presente en un lado adyacente a la porción retorcida, según la dirección longitudinal del cuerpo, y un plano imaginario (16a) que incluye una porción que tiene la dimensión exterior máxima, en una segunda porción (16) que está presente en el otro lado adyacente a la porción retorcida, según la dirección longitudinal del cuerpo, no es nulo, y
- 15 la porción retorcida (17) tiene una resistencia a la tracción de al menos 780 MPa,
- caracterizado por que la relación entre la dimensión exterior máxima (L1) y la dimensión exterior más corta (L2) es al menos 1,2, y
- el ángulo de intersección (θ) es al menos 4 grados,
- y por que el cuerpo se ha formado retorciendo, en un estado caliente, una porción de su longitud.
- 2.- Un miembro hueco de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual el cuerpo (14) tiene al menos una porción doblada (17).
- 20 3.-Un miembro hueco de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual el cuerpo tiene una porción endurecida por enfriamiento progresivo, localmente formada en la dirección longitudinal y/o en la dirección circunferencial del cuerpo.

Fig. 2

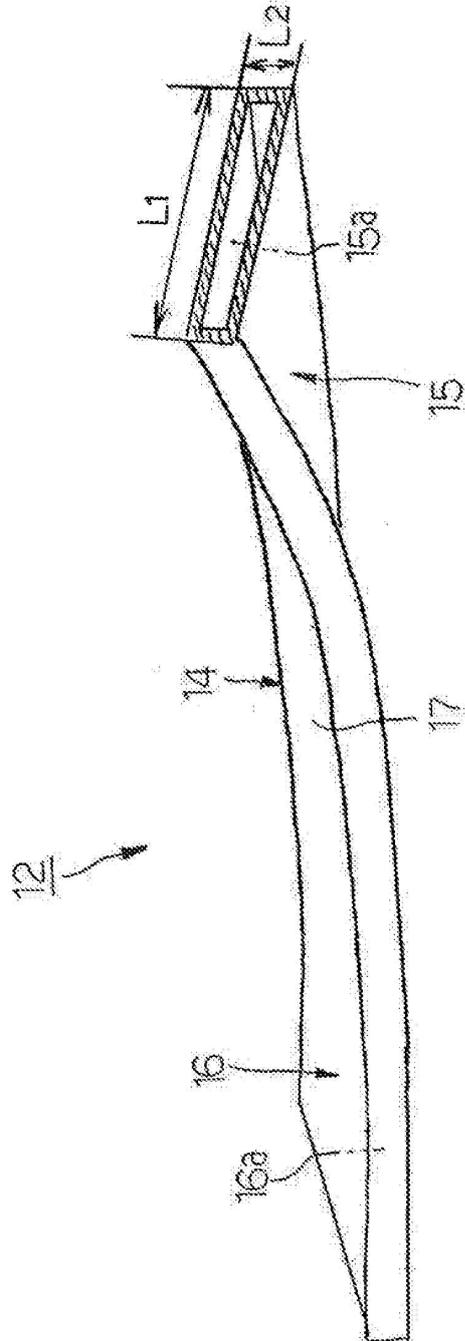


Fig. 3

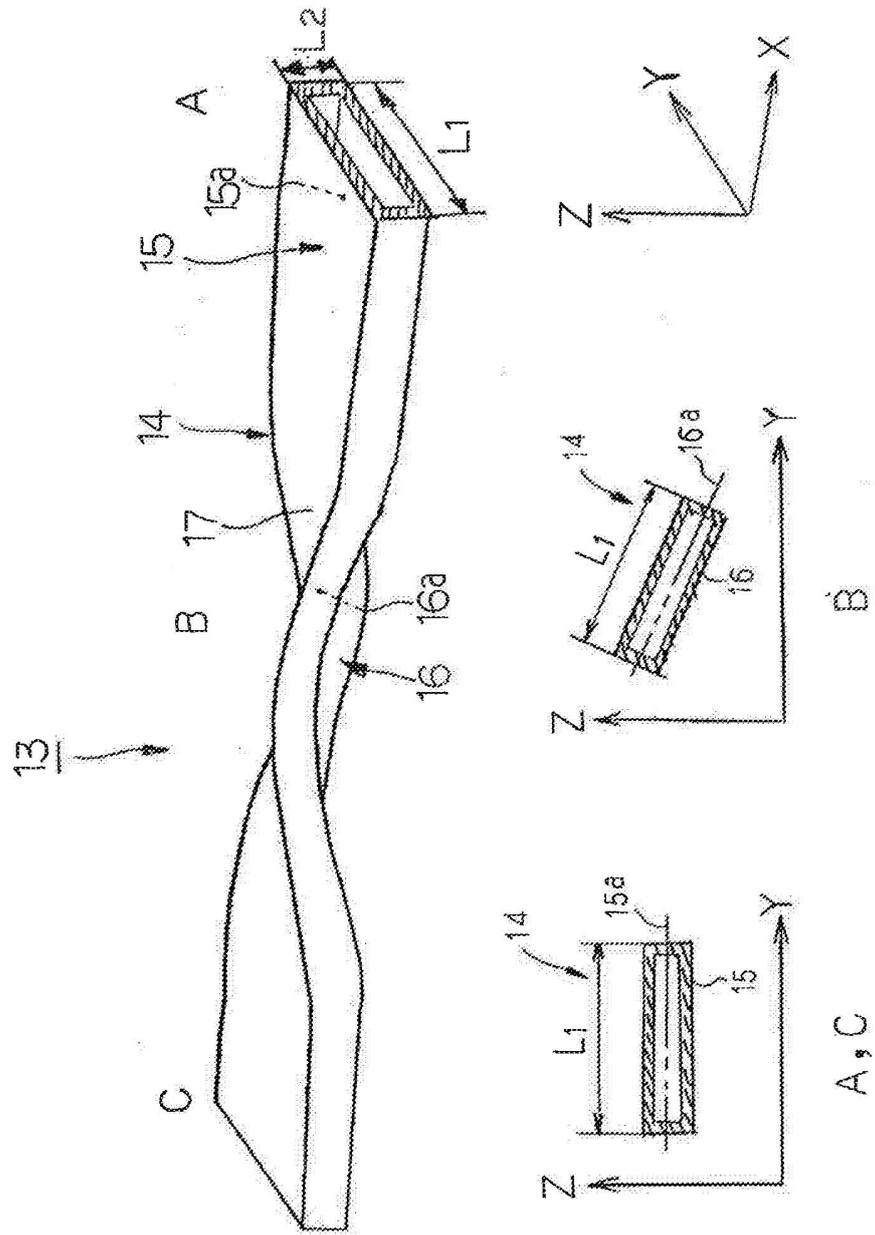


Fig. 4

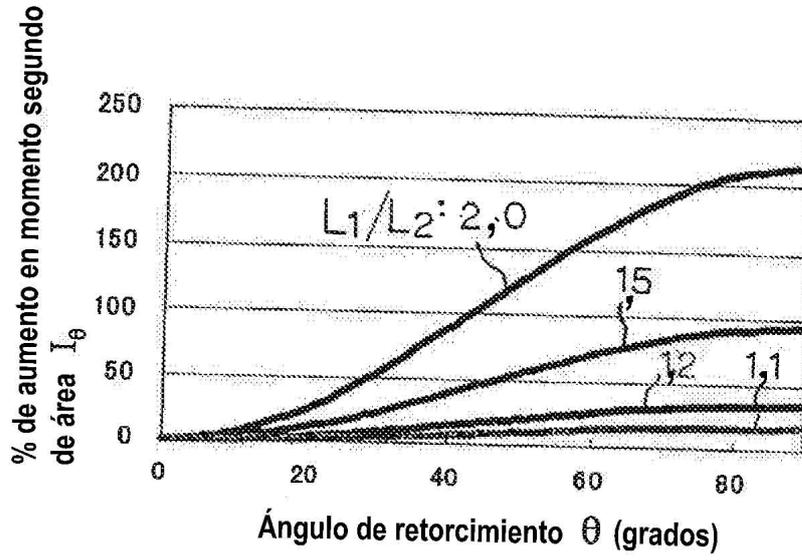


Fig. 5

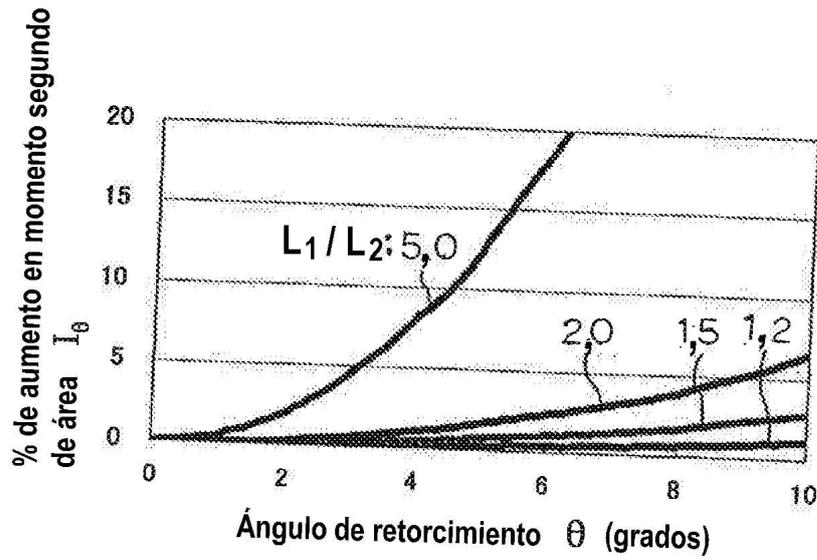


Fig. 6

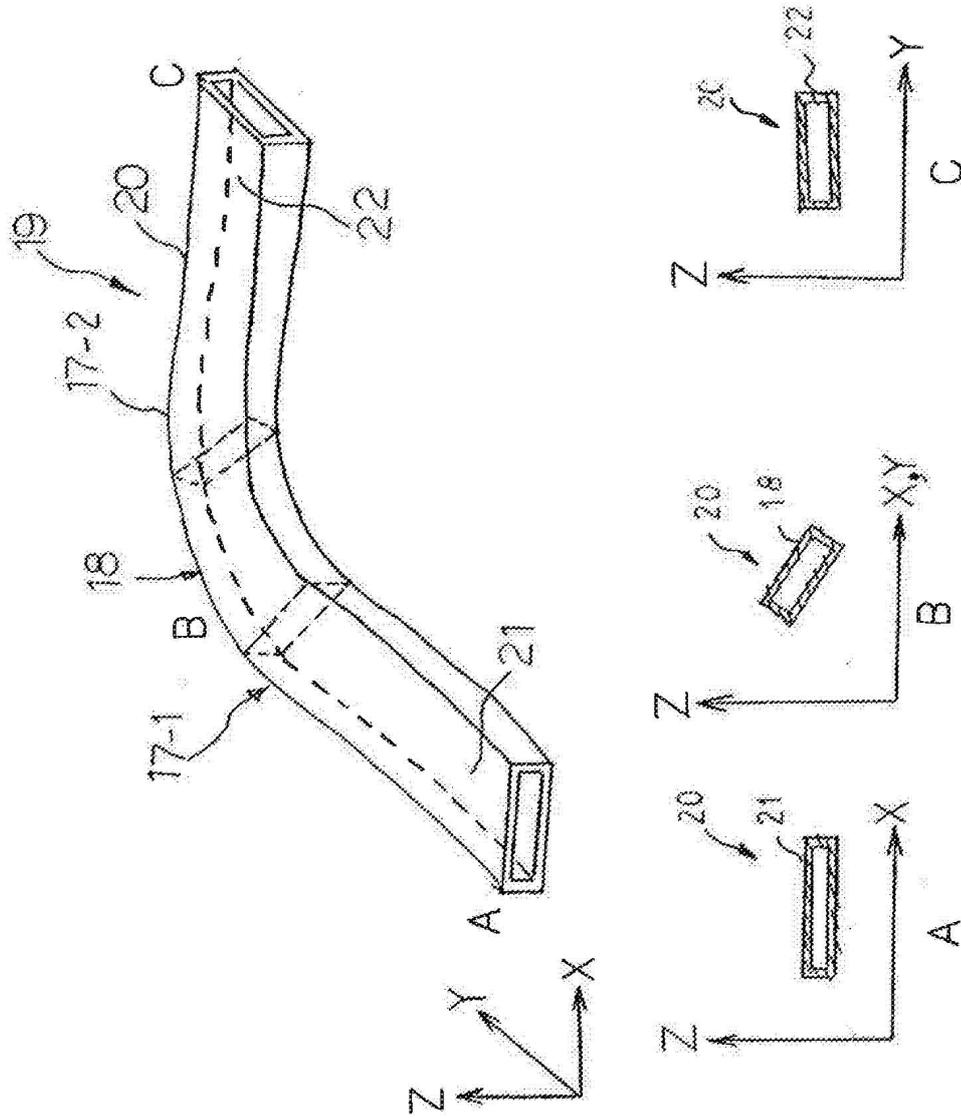


Fig. 7

