

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 585 452**

51 Int. Cl.:

**B21D 37/00** (2006.01)

**B21D 22/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.01.2007** E 07706692 (6)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.06.2016** EP 1980339

54 Título: **Equipo de moldeo por troquelado que tiene medios para medir la cantidad de deformación unitaria**

30 Prioridad:

**13.01.2006 JP 2006006370**

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

**06.10.2016**

73 Titular/es:

**NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORPORATION (50.0%)**  
**6-1, Marunouchi 2-chome**  
**Chiyoda-ku Tokyo 100-8071 y**  
**ARCELORMITTAL (50.0%)**

72 Inventor/es:

**KUWAYAMA, TAKUYA;**  
**SUZUKI, NORIYUKI y**  
**DUROUX, PATRICK**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

ES 2 585 452 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

Equipo de moldeo por troquelado que tiene medios para medir la cantidad de deformación unitaria

La presente invención se refiere a un dispositivo de conformación por troquelado de acuerdo con los preámbulos de las reivindicaciones 1 y 2. Tal dispositivo se ha divulgado, por ejemplo, en el documento JP-A-2004249365.

5 A la hora de realizar un trabajo de troquelado, una fuerza de estampación ejercida por una máquina troqueladora, una fuerza de reacción del material que se ha de trabajar, la reacción a la deformación y otras fuerzas similares actúan en una herramienta, y la herramienta se deforma elásticamente. Tal deformación elástica se denomina deformación unitaria de la herramienta.

10 La Figura 25 muestra una vista conceptual de la deformación unitaria de la herramienta que se produce en el momento de la conformación por troquelado en una máquina troqueladora constituida por un punzón 2, una matriz 7 y un soporte 4 de la pieza de partida. La línea continua muestra la forma externa de la herramienta antes de la conformación por troquelado, y la línea discontinua muestra la forma externa de la herramienta cuando la herramienta se deforma elásticamente en el momento de la conformación por troquelado. La Figura 25 muestra la deformación de manera enfatizada, pero la magnitud de la deformación elástica en el intervalo de cargas de la conformación actual está en el orden de varios micrómetros aproximadamente.

15 La Figura 25 muestra únicamente la deformación del punzón 2, de la matriz 7 y del soporte 4 de la pieza de partida, pero, para ser exactos, es concebible que la deformación elástica se produzca también en los demás elementos del mecanismo de troquelado, tales como una correa de la máquina de troquelado y un pasador de guía. Sin embargo, se considera que la deformación elástica dominante en un fenómeno de conformación por troquelado es la deformación del punzón, de la matriz y del soporte de la pieza de partida, y la deformación elástica relativa a estos tres elementos, punzón, matriz y soporte de la pieza de partida, se explicará en lo que sigue de esta memoria como la deformación unitaria de la herramienta.

20 La ocurrencia de una deformación unitaria de la herramienta reduce la precisión dimensional de un producto conformado. La magnitud de la deformación y la distribución de la deformación del producto conformado como consecuencia de un cambio en la deformación unitaria de la herramienta son de acuerdo con la fuerza de estampación ejercida por la máquina troqueladora, la fuerza de reacción por parte del material que se ha de trabajar, la resistencia a la deformación y otras fuerzas similares. Por lo tanto, la deformación unitaria de la herramienta cambia debido al cambio en las diversas condiciones, tales como la máquina troqueladora, la forma de la herramienta, la calidad del material que se va a trabajar, la forma del material que se va a trabajar, la lubricación y la fuerza de estampación, y el cambio en la deformación unitaria de la herramienta hace que la calidad sea dispersa entre las partes de estampación. En la predicción de la conformación mediante el método de los elementos finitos o un método similar, no se puede tomar en consideración la deformación unitaria de la herramienta debido a la capacidad de cálculo y otros factores similares, y, por tanto, la deformación unitaria de la herramienta hace que la predicción de conformación por el método de los elementos finitos sea difícil.

25 Como dispositivo para controlar la deformación unitaria de una herramienta, el documento JP 5-337554 divulga un dispositivo para corregir la semiliberación para un freno de troquel, en un freno de troquel que dobla una pieza de trabajo entre un punzón y una matriz mediante el accionamiento del punzón, montado en una viga superior, y la matriz, montada en una viga inferior, para que contacten y se separen uno con respecto a la otra, y de manera que el dispositivo incluye una pluralidad de sensores de deformación unitaria para la viga superior, los cuales se han proporcionado a lo largo de la dirección longitudinal de la viga superior anteriormente descrita y detectan únicamente la deformación unitaria de la viga superior anteriormente descrita, una pluralidad de sensores de deformación unitaria para la viga inferior, los cuales se han proporcionado a lo largo de la dirección longitudinal de la viga inferior antes descrita y detectan la deformación unitaria de la viga inferior anteriormente descrita, una pluralidad de dispositivos de accionamiento, que están dispuestos de manera que se reparten entre la viga inferior anteriormente descrita y la herramienta inferior, o entre la viga superior anteriormente descrita y la herramienta superior, a lo largo de la dirección de la línea de doblez, y aplican una fuerza de estampación según la dirección vertical a la herramienta superior y a la herramienta inferior antes descritas, y unos medios de control que detienen el descenso de la viga superior antes descrita a medio camino antes de que se complete el troquelado, después del inicio del troquelado, buscan obtener salidas de detección del anteriormente descrito sensor de deformación unitaria para la viga superior y del anteriormente descrito sensor de deformación unitaria para la viga inferior en el momento del estadio de detención, calculan las magnitudes de deformación unitaria de la viga superior y de la viga inferior basándose en las respectivas salidas de detección, controlan el accionamiento de la pluralidad de dispositivos de accionamiento anteriormente descritos de un modo tal, que las magnitudes de deformación unitaria de la viga superior y de la viga inferior lleguen a ser los valores adecuados sobre la base de los valores calculados, y, tras ello, llevan a cabo el gobierno del control del troquelado que recomienza. Con ello se ha de obtener un producto conformado que tiene un ángulo de doblamiento uniforme a lo largo de toda la longitud.

El documento JP 9-29358 A divulga una herramienta de troquelado para una conformación por troquelado con herramienta, caracterizada por que incluye unos medios de detección de carga, unos medios de detección de carrera, unos medios de detección de frecuencia de troquelado, unos medios de detección de temperatura de

5 herramienta, un modelo de predicción de deformación, constituido por un modelo único o por una pluralidad de modelos de entre un modelo de abrasión de la herramienta, un modelo de deformación térmica de la herramienta, un modelo de deformación por carga de la herramienta, un modelo de deformación térmica de un material que se ha de trabajar y un modelo de restitución elástica del material que se ha de trabajar, un generador de señal de control de múltiples variables, así como un dispositivo de accionamiento que deforma la pared interna de la parte rebajada para conformado. Se ha de obtener, con ello, un producto que tiene dimensiones y forma con una elevada precisión.

10 El documento JP 2004-249365 A divulga un dispositivo de conformación por troquelado que no controla la deformación unitaria de una herramienta, sino que se caracteriza por tener un punzón, una matriz y un soporte de pieza de partida, unos medios de medición de fuerza de abrasión, montados entre la matriz anteriormente descrita y el soporte de la pieza de partida anteriormente descrito, y unos medios de regulación de la fuerza de soporte de la pieza de partida. Puede aplicarse, con ello, una fuerza de rozamiento apropiada sin necesidad de recurrir a factores de variación tales como la lubricidad entre la herramienta y pieza de trabajo, y las propiedades superficiales, por lo que se ha de producir siempre un producto favorablemente conformado con independencia de las variaciones de las características del material y de los cambios ambientales.

15 El documento JP 5-337554 A divulga una invención concerniente al dispositivo que tiene la función de medir la deformación unitaria en una herramienta, pero no divulga la invención, excepto porque el sensor de deformación unitaria para la viga se ha proporcionado a lo largo de la dirección longitudinal de la viga para el freno de troquel. Por lo tanto, a fin de llevar a cabo un control de calidad con alta precisión a la hora de conformar por troquelado utilizando una herramienta que tiene una forma más complicada que la de la viga para el freno de troquel, la invención del documento JP 5-337554 A no puede medir de forma suficiente una deformación unitaria de herramienta que se produce en el seno de la herramienta que tiene esa forma complicada, y la invención del documento JP-5-337554 A no es suficiente.

25 Además, el documento JP-337554 A divulga la invención por lo que respecta a un dispositivo que controla una deformación unitaria de una herramienta, pero, aunque las partes de detección de deformación unitaria utilizadas para la detección de una deformación unitaria de las vigas superior e inferior para el freno de troquel, están instaladas en las vigas superior e inferior, el dispositivo de accionamiento utilizado para el control de la deformación unitaria de las vigas superior e inferior se ha instalado entre la viga inferior y la herramienta inferior, o bien entre la viga superior y la herramienta superior, y la posición de la detección de deformación unitaria y la posición del control de deformación unitaria difieren.

30 De acuerdo con ello, cuando la invención del documento JP 5-337554 A se aplica a la herramienta que tiene una forma más complicada que una herramienta para un freno de troquel, tal como una herramienta de conformación por embutición, el control de deformación unitaria por parte del dispositivo de accionamiento ejerce una influencia no solo en la magnitud de deformación unitaria en la posición de detección de la magnitud de deformación unitaria que se desea controlar, sino también en la magnitud de deformación unitaria en la posición de detección de magnitud de deformación unitaria que no se desea controlar, y, por tanto, la relación S/N [señal / ruido] según este control se hace baja. Por otra parte, en la conformación con la herramienta que tiene una forma complicada, la distribución de presiones de contacto que actúan sobre la herramienta no es uniforme, y la distribución de magnitudes de deformación unitaria que se produce sobre la herramienta es complicada. De acuerdo con ello, la magnitud del control de deformación unitaria deseado difiere de acuerdo con la posición de detección de la magnitud de deformación unitaria. Por lo tanto, en la constitución de la invención del documento JP 5-337554 A, el control del dispositivo de accionamiento para controlar la magnitud de control de deformación unitaria en la magnitud deseada es difícil.

45 Por otra parte, en la invención del documento JP 5-337554 A, la conformación es detenida temporalmente en el curso de la conformación, las magnitudes de deformación unitaria para las vigas superior e inferior son detectadas en el estadio detenido, se lleva a cabo el control por parte del dispositivo de accionamiento de manera tal, que las magnitudes de deformación unitaria de las vigas superior e inferior llegan a ser valores apropiados, y, tras ello, se retoma la conformación. Sin embargo, a diferencia de la conformación fundamentalmente constituida por el doblamiento como en el freno de troquel, en la conformación por embutición, la fuerza de rozamiento entre el material que ha de ser trabajado y la herramienta difiere significativamente de la fuerza de rozamiento durante la conformación cuando la conformación es interrumpida a medio camino. En consecuencia, cuando la invención del documento JP 5-337554 A se aplica a la conformación por embutición, la magnitud de deformación unitaria de la herramienta medida difiere de la magnitud de deformación unitaria de la herramienta durante la conformación, y la precisión del control empeora.

55 Por otra parte, en la invención del documento JP 5-337554 A, el trabajo ha de ser temporalmente detenido durante la conformación, y el tiempo del ciclo de conformación se hace peor al llevar a cabo el control de acuerdo con la invención del documento JP 5-337554 A.

60 El documento JP 9-29358 A divulga una invención concerniente al dispositivo que controla la deformación unitaria de una herramienta. La invención se sirve del modelo de predicción de deformación que predice los estadios de deformación de la herramienta y del material que se ha de trabajar basándose en la reducción del espesor detectada por los medios de detección de carrera, en la carga detectada por los medios de detección de carga, y en la

temperatura detectada por los medios de detección de la temperatura de la herramienta, y estima la magnitud de la correlación entre la forma de la parte rebajada de conformación requerida para obtener el producto de una dimensión predeterminada, y la forma obtenida de la predicción resultado de llevar a cabo el control. El estadio de deformación de la herramienta es la predicción utilizando el modelo, y no se mide directamente.

5 El documento JP 2004-249365 A divulga la siguiente invención como el principio de medir directamente la fuerza de rozamiento. Es decir, la placa plana y el soporte de la pieza de partida son asegurados con un perno o elemento similar a fin de emparedar un elemento de medición de deformación unitaria, y, cuando una pieza de trabajo es emparedada por la matriz y la pieza plana anteriormente descrita, y es hecha deslizar en este estado, se produce una deformación unitaria de cizalla en el elemento de medición de deformación unitaria antes descrito y puede medirse la fuerza de rozamiento. Este pretende medir la fuerza de rozamiento mediante la instalación de alguna estructura dentro del soporte para la pieza de partida o de la matriz, pero no mide directamente la deformación unitaria de herramienta del soporte de la pieza de partida o de la matriz.

15 A fin de llevar a efecto el control de calidad con una alta precisión, es indispensable medir las deformaciones unitarias de herramienta del punzón, de la matriz y del soporte de la pieza de partida directamente, y, para este propósito, las invenciones de la técnica convencional anteriormente explicadas resultan insuficientes. El documento JP 2005-161399 A divulga un aparato y un método para conformación por troquelado, un programa informático y un medio de grabación, de tal manera que el aparato de conformación por troquelado comprende: unos medios de introducción de características de material, destinados a introducir al menos una característica de material de entre el espesor del material, el límite de deformación elástica, el punto de deformación permanente del 0,2%, la resistencia a la tracción, la elongación, el valor n, el valor r, la fórmula que relaciona la tensión con el alargamiento, la dureza, la temperatura, la rugosidad superficial, el coeficiente de rozamiento y el espesor de película lubricante; unos medios de detección de cantidad de estado, destinados a medir al menos una cantidad de estado de entre la fuerza de reacción al punzón durante la conformación, la temperatura de la matriz de metal, la cantidad de la deformación unitaria de la matriz de metal, la cantidad de la deformación del material que está siendo conformado, y la temperatura del material que está siendo conformado; unos medios de cálculo de estado de conformación, destinados a calcular al menos un estado de conformación de entre la velocidad de conformación, la fuerza del soporte de la pieza de partida y la temperatura de la matriz de metal, basándose en las características de material introducidas por los medios de introducción de características de material y en las cantidades de estado durante la conformación, medidas por los medios de detección de cantidad de estado; y unos medios de control de estado de conformación, destinados a controlar al menos una magnitud de entre la velocidad de movimiento del punzón o de la matriz, la temperatura y la fuerza del soporte de la pieza de partida, basándose en los estados de conformación calculados por los medios de cálculo de estado de conformación. El documento JP 2005-186154 A divulga una unidad para controlar la distribución de la fuerza de soporte de la pieza de partida durante la conformación por troquelado de material en placa.

25 Así, pues, la presente invención tiene el propósito de proporcionar un dispositivo de conformación por troquelado que es capaz de controlar una deformación unitaria de herramienta durante el trabajo de troquelado y presenta una elevada precisión y una gran aplicabilidad. La presente invención se refiere, en particular, a un dispositivo de conformación por troquelado que mide una deformación unitaria de herramienta que se produce durante la conformación por troquelado.

40 El anterior propósito puede conseguirse por medio de las características definidas en las reivindicaciones.

De acuerdo con la presente invención, constituida como se ha descrito en lo anterior, puede proporcionarse un dispositivo de conformación por troquelado que es capaz de controlar una deformación unitaria de herramienta en el momento de la conformación por troquelado y que tiene una elevada precisión y una gran aplicabilidad.

La invención se describe en detalle en combinación con los dibujos, en los cuales:

45 La Figura 1 es una vista esquemática de un dispositivo de conformación por troquelado que tiene unos medios de medición de magnitud de deformación unitaria;

La Figura 2A es una vista en detalle de una situación de instalación de los medios de medición de magnitud de deformación unitaria;

La Figura 2B es una vista en corte de una matriz;

50 La Figura 2C es una vista lateral de los medios de medición de magnitud de deformación unitaria y de una clavija;

La Figura 3 es una vista esquemática de un dispositivo de conformación por troquelado que tiene una pluralidad de medios de medición de magnitud de deformación unitaria;

La Figura 4 es una vista en detalle de una situación de instalación de los medios de medición de magnitud de deformación unitaria de la Figura 3;

55 La Figura 5 es una vista esquemática del dispositivo de conformación por troquelado que tiene dos elementos de

matriz y punzón como objetos que se han de controlar y que tienen los medios de medición de magnitud de deformación unitaria albergados dentro de los objetos que han de ser controlados;

5 La Figura 6 es una vista esquemática del dispositivo de conformación por troquelado que tiene tres elementos de matriz, punzón y soporte de pieza de partida como objetos que se han de controlar, y que tiene los medios de medición de magnitud de deformación unitaria albergados dentro de los objetos que han de ser controlados;

La Figura 7 es una vista esquemática del dispositivo de conformación por troquelado que tiene los medios de medición de magnitud de deformación unitaria y unos medios de control de magnitud de deformación unitaria;

La Figura 8 es una vista en detalle de la situación de instalación de los medios de medición de magnitud de deformación unitaria y de los medios de control de magnitud de deformación unitaria de la Figura 7;

10 La Figura 9 es una vista esquemática del dispositivo de conformación por troquelado que tiene los medios de medición de magnitud de deformación unitaria, los medios de control de magnitud de deformación unitaria y unos medios de cálculo de la fuerza de rozamiento;

La Figura 10 es una vista que muestra un ejemplo de disposición de los medios de medición de magnitud de deformación unitaria de la Figura 9;

15 La Figura 11 es un diagrama para explicar un ejemplo del tratamiento de cálculo por parte de los medios de cálculo de la fuerza de rozamiento;

La Figura 12 es una vista esquemática del dispositivo de conformación por troquelado que tiene los medios de medición de magnitud de deformación unitaria, los medios de control de magnitud de deformación unitaria, los medios de cálculo de la fuerza de rozamiento y unos primeros medios de cálculo de magnitud de restitución elástica;

20 La Figura 13 es una vista esquemática del dispositivo de conformación por troquelado que tiene los medios de medición de magnitud de deformación unitaria, los medios de control de magnitud de deformación unitaria y unos segundos medios de cálculo de magnitud de restitución elástica;

La Figura 14 es un diagrama de flujo para explicar el procedimiento de funcionamiento del dispositivo de conformación por troquelado de la presente invención, que controla la magnitud de deformación unitaria;

25 La Figura 15 es una vista general de un producto conformado en la conformación de un miembro de pilar cuadrado;

La Figura 16 es una vista general de otro producto conformado en la conformación de un miembro de pilar cuadrado;

La Figura 17 es una vista que muestra un método de instalación de los medios de medición de magnitud de deformación unitaria y de los medios de control de magnitud de deformación unitaria;

30 La Figura 18 es una vista que muestra una dirección de instalación de los medios de medición de magnitud de deformación unitaria y de los medios de control de magnitud de deformación unitaria;

La Figura 19 es una vista que muestra un método de instalación de los medios de medición de magnitud de deformación unitaria y de los medios de control de magnitud de deformación unitaria;

La Figura 20 es una vista que muestra un método de instalación de los medios de medición de magnitud de deformación unitaria y de los medios de control de magnitud de deformación unitaria en relación con el punzón;

35 La Figura 21 es una vista que muestra un método de instalación de los medios de medición de magnitud de deformación unitaria y de los medios de control de magnitud de deformación unitaria;

La Figura 22 es una vista que muestra una dirección de instalación de los medios de medición de magnitud de deformación unitaria y de los medios de control de magnitud de deformación unitaria;

40 La Figura 23 es una vista esquemática del dispositivo de conformación por troquelado que tiene los medios de medición de magnitud de deformación unitaria, los medios de control de magnitud de deformación unitaria y los medios de cálculo de la fuerza de rozamiento;

La Figura 24 es una vista ampliada de la zona de las proximidades de la posición de montaje del elemento de medición de magnitud de deformación unitaria; y

La Figura 25 es una vista conceptual de una deformación unitaria de herramienta.

45 Se describirá, a continuación, en detalle un mejor modo de llevar a cabo la presente invención haciendo uso de los dibujos.

- Primera realización (Realización de referencia)

5 La Figura 1 muestra una vista esquemática de un ejemplo de un dispositivo de conformación por troquelado de una primera realización. Un punzón 2 está montado en un travesaño 1 de una máquina troqueladora, y una matriz 7 está montada en una corredera superior 6 que es accionada por unos medios de regulación de carga / velocidad de conformación 5, respectivamente. El número de referencia 10 del dibujo denota una placa delgada que constituye el material que se ha de trabajar.

En la Figura 1, la matriz 7 se selecciona como el miembro que se ha de controlar, de manera que se han instalado en ella unos medios de medición de magnitud de deformación unitaria 8.

10 La Figura 2A muestra una zona ampliada en las proximidades de la posición de instalación de los medios de medición de magnitud de deformación unitaria 8. Como ejemplo del método de instalación de los medios de medición de magnitud de deformación unitaria 8, se perfora en la matriz 7 un orificio de taladro que no penetra al través de la matriz 7, y se corta una rosca hembra en el orificio según se muestra en la vista esquemática de la Figura 2B, de tal manera que los medios de medición de deformación unitaria 8 mostrados en la Figura 2C se colocan en el fondo del orificio de taladro y se aplica una fuerza axial con una clavija para ajustarlos a presión en su interior. En el caso de que los medios de medición de magnitud de deformación unitaria 8 se hayan instalado en diagonal según se muestra en la Figura 2A, o de un modo similar, se recurre al método de cargar el espacio de aire para hacer la superficie uniforme según se requiera.

Los medios de medición de magnitud de deformación unitaria 8 se instalan dentro del miembro que se ha de controlar de manera tal, que la posición de medición de magnitud de deformación unitaria se encuentra a  $ds$  [mm] de la superficie de la herramienta.  $ds$  [mm] está, deseablemente, comprendida en el intervalo entre 1 y 500 [mm].

20 Los medios de medición de magnitud de deformación unitaria 8 se instalan en el interior del miembro que se ha de controlar de un modo tal, que la dirección de medición de magnitud de deformación unitaria se expresa por un vector que tiene las componentes  $(x_s, y_s, z_s)$  en un sistema de coordenadas ortogonal arbitrario que tiene como origen la posición de medición de magnitud de deformación unitaria. En este caso,  $x_s, y_s$  y  $z_s$  se encuentran, respectivamente, comprendidas en el intervalo entre  $-1$  y  $1$ , y se expresan por la siguiente expresión matemática (1).

25 Expresión matemática 1

$$\sqrt{x_s^2 + y_s^2 + z_s^2} = 1 \quad \dots (1)$$

30 La Figura 1 muestra el caso en que se han instalado unos únicos medios de medición de magnitud de deformación unitaria 8 en el interior del miembro que se ha de controlar, pero pueden haberse instalado una pluralidad de medios de medición de magnitud de deformación unitaria 8 dentro del miembro que se ha de controlar. La Figura 3 muestra un ejemplo en el que se han instalado una pluralidad de medios de medición de magnitud de deformación unitaria 8. La Figura 3 es igual que la Figura 2 excepto porque se han instalado dos medios de medición de magnitud de deformación unitaria 8 en el interior del miembro que se ha de controlar.

35 La Figura 4 muestra una zona ampliada en las proximidades de la posición de instalación de los medios de medición de magnitud de deformación unitaria 8 en la Figura 3. Las posiciones de medición de magnitud de deformación unitaria y la dirección de medición de magnitud de deformación unitaria de una pluralidad de medios de medición de magnitud de deformación unitaria 8 pueden ser determinadas de forma independiente, respectivamente.

40 En la Figura 1, la matriz 7 se ha seleccionado como el miembro que se va a controlar, pero hay que seleccionar al menos uno cualquiera de entre la matriz 7 y el punzón 2 como el miembro que ha de ser controlado. La Figura 5 muestra el caso en que tanto la matriz 7 como el punzón 2 han sido seleccionados como miembros que se van a controlar.

- Segunda realización (Realización de referencia)

45 La Figura 6 muestra una vista esquemática de un ejemplo de un dispositivo de conformación por troquelado de una segunda realización. El punzón 2 se ha montado en el travesaño 1 de la máquina troqueladora, el soporte 4 de la pieza de partida se ha montado en los medios de regulación 3 de la fuerza de soporte de la pieza de partida, y la matriz 7 se ha montado en la corredera superior 6, que es accionada por los medios de regulación 5 de carga / velocidad de herramienta.

50 En la Figura 6, tres elementos consistentes en la matriz 7, el punzón 2 y el soporte 4 de la pieza de partida se han seleccionado como los miembros que se van a controlar, y los medios de medición de magnitud de deformación unitaria 8 se han instalado en sus respectivas partes interiores. Es necesario seleccionar al menos uno cualquiera de entre la matriz 7, el punzón 2 y el soporte 4 de la pieza de partida como el miembro que se ha de controlar.

- Tercera realización (Realización de referencia)

La Figura 7 muestra una vista esquemática de un ejemplo de un dispositivo de conformación por troquelado de una tercera realización. Como en la Figura 6, el punzón 2 se ha montado en el travesaño 1 de la máquina troqueladora, el soporte 4 de la pieza de partida se ha montado en los medios de regulación 3 de la fuerza de soporte de la pieza de partida, y la matriz 7 se ha montado en la corredera superior 6, que es accionada por los medios de regulación 5 de carga / velocidad de herramienta.

En la Figura 7, tres elementos consistentes en la matriz 7, el punzón 2 y el soporte 4 de la pieza de partida se han seleccionado como los miembros que se van a controlar, y los medios de medición de magnitud de deformación unitaria 8 y los medios de control de magnitud de deformación unitaria 9 han sido instalados en sus respectivas partes interiores.

La Figura 8 muestra los detalles de la situación de instalación de los medios de medición de magnitud de deformación unitaria 8 y de los medios de control de magnitud de deformación unitaria 9 de la Figura 7. El método de instalación de los medios de medición de magnitud de deformación unitaria 8 es el mismo que el que se ha descrito con ayuda de las Figuras 2A a 2C. Como método de instalación de los medios de control de magnitud de deformación unitaria 9, existe también un método consistente en perforar un orificio de taladro que no es pasante, o no penetra al través, y ajustar a presión los medios de control de magnitud de deformación unitaria 9 mediante una clavija, tal y como se ha descrito con ayuda de las Figuras 2A a 2C, a modo de ejemplo.

Los medios de control de magnitud de deformación unitaria 9 se instalan dentro del miembro que se ha de controlar de un modo tal, que la posición de control de magnitud de deformación unitaria se encuentra a da [mm] de la superficie de la herramienta. da [mm] está, deseablemente, comprendida en el intervalo entre 1 y 500 [mm].

Por otra parte, los medios de control de magnitud de deformación unitaria 9 se han instalado en el interior del miembro que se ha de controlar de manera tal, que la dirección de control de magnitud de deformación unitaria se expresa por el vector cuyas componentes son (xa, ya, za) en un sistema de coordenadas ortogonal arbitrario que tiene como origen la posición de control de magnitud de deformación unitaria. En este caso, xa, ya y za están comprendidas, respectivamente, en el intervalo entre -1 y 1, y se expresan por la siguiente expresión matemática (2).

Expresión matemática 2

$$\sqrt{xa^2 + ya^2 + za^2} = 1 \quad \dots (2)$$

Cuando se desea que la magnitud de deformación unitaria medida por los medios de medición de magnitud de deformación unitaria 8 sea controlada por los medios de control de magnitud de deformación unitaria 9, los medios de control de magnitud de deformación unitaria 9 se instalan de un modo tal, que la distancia entre la posición de medición de la magnitud de deformación unitaria que se desea controlar y la posición de control de magnitud de deformación unitaria de los medios de control de magnitud de deformación unitaria 9 es L [mm]. L [mm] está comprendida, deseablemente, en el intervalo entre 1 y 1.000 [mm].

Como ejemplo de método de control, existe un método para controlar la magnitud de accionamiento del miembro que se ha de controlar por parte de los medios de control de magnitud de deformación unitaria 9, de tal manera que la magnitud de deformación unitaria medida por los medios de medición de magnitud de deformación unitaria 8 se encuentre dentro de un intervalo predeterminado durante la conformación. Como ejemplo concreto, cuando la magnitud de deformación unitaria de compresión medida por los medios de medición de magnitud de deformación unitaria 8 durante la conformación supera 110  $\mu\epsilon$ , se lleva a cabo el control con el fin de generar una deformación unitaria en la dirección adecuada para cancelar la magnitud de deformación unitaria de compresión, por parte de los medios de control de magnitud de deformación unitaria 9, de tal modo que la magnitud de deformación unitaria de compresión, medida por los medios de medición de magnitud de deformación unitaria 8, se hace 110  $\mu\epsilon$  o menos.

- Cuarta realización (Realización de la invención)

La Figura 9 muestra una vista esquemática de un dispositivo de conformación por troquelado de una cuarta realización. En este caso, la salida de los medios de medición de magnitud de deformación unitaria 8 instalados como en el dispositivo de conformación por troquelado que se ha mostrado en la Figura 7, se ha configurado para ser suministrada como entrada a unos medios de cálculo de fuerza de rozamiento 11. Los medios de cálculo de fuerza de rozamiento 11 calculan la fuerza de rozamiento que se produce en el momento del deslizamiento del miembro que se va a controlar y el material que se va a trabajar, basándose en la magnitud de deformación unitaria medida por los medios de medición de magnitud de deformación unitaria 8.

Los medios de cálculo de fuerza de rozamiento 11 se describirán con mayor detalle haciendo uso de las Figuras 10 y 11. En la Figura 10, los medios de medición de magnitud de deformación unitaria 8 se han instalado en el interior de la matriz 7, de tal manera que la distancia  $Ds_x$  con respecto a la superficie del soporte satisface  $Ds_x = 10$  mm, y la distancia  $Ds_y$  con respecto a la pared vertical de la matriz satisface  $Ds_y = 15$  mm.

5 Los medios de medición de magnitud de deformación unitaria 8 están instalados en el interior de la matriz 7 de manera tal, que la dirección de medición de magnitud de deformación unitaria se expresa por un vector cuyas componentes satisfacen  $(x_s, y_s, z_s) = (0, 1, 0)$  en el sistema de coordenadas ortogonal según se ha mostrado en el dibujo, en el que la dirección de la altura del producto conformado se ha establecido como la X, la dirección de la anchura del producto conformado se ha establecido como la Y, y la dirección longitudinal del producto conformado se ha establecido como la Z, con la posición de medición de magnitud de deformación unitaria tomada en el origen. Es decir, los medios de medición de magnitud de deformación unitaria 8 pueden detectar la deformación unitaria de compresión y de estiramiento en la dirección Y, en el dibujo.

15 Cuando el material 10 que se ha de trabajar se conforma en esta situación, el material 10 que se ha de trabajar se arroja sobre una porción de hombro R de la matriz 7 según progresa la conformación, y provoca una deformación unitaria de compresión en la porción de hombro R de la matriz 7. La deformación unitaria de compresión de la porción de hombro R de la matriz 7 es medida por los medios de medición de magnitud de deformación unitaria 8 y es transmitida a los medios de cálculo de fuerza de rozamiento 11.

20 La función de los medios de cálculo de fuerza de rozamiento 11 se describirá haciendo uso de la Figura 11. Puesto que la salida de los medios de medición de magnitud de deformación unitaria 8 cambia de valor de acuerdo con las carreras de conformación, como se muestra en la Figura 11, la fuerza de rozamiento que se produce en el momento del deslizamiento de la matriz 7 y el material 10 que se ha de trabajar, es calculada extrayendo la magnitud de deformación unitaria en una posición de carrera S1 como Deformación unitaria 1, y la magnitud de deformación unitaria en una posición de carrera S2 como Deformación unitaria 2, ..., y sustituyendo estos valores en la fórmula de conversión. Como fórmula de conversión, se adopta, preferiblemente, el método consistente en utilizar el análisis de FEM y obtener la correlación existente entre el valor establecido para el coeficiente de rozamiento en el análisis de FEM y la magnitud de deformación unitaria que se produce en la herramienta como resultado del análisis por aproximación polinómica. Como ejemplo concreto, se lleva a cabo una estimación por medio de la siguiente fórmula.

$$F_{roz} = (3 \times 10^{-3}) \times \text{Deformación unitaria (s)} \times \text{BHF}$$

$F_{roz}$ : fuerza de rozamiento [N] que se produce en el momento del deslizamiento

30 Deformación unitaria (s): magnitud de deformación unitaria en la posición de carrera  $S = dr + dp + r$

(dr: hombro R de la matriz, dp: hombro R del punzón, t: espesor de la placa de material que se ha de trabajar)

BHF : fuerza de soporte de la pieza de partida ("blank holding force") [N]

- Quinta realización (Realización de invención)

35 La Figura 12 muestra una vista esquemática de un dispositivo de conformación por troquelado de una quinta realización. En este caso, el dispositivo de conformación por troquelado se ha configurado de un modo tal, que la salida de los medios de medición de magnitud de conformación 8, instalados como en el dispositivo de conformación por troquelado que se ha mostrado en la Figura 7, se suministra como entrada a los medios de cálculo de fuerza de rozamiento 11, y la fuerza de rozamiento, que es la salida de los medios de cálculo de fuerza de rozamiento 11, se transmite a unos primeros medios de cálculo de magnitud de restitución elástica 12. Los medios de cálculo de fuerza de rozamiento 11 calculan la fuerza de rozamiento que se produce en el momento del deslizamiento del miembro que se ha de controlar y el material que se ha de trabajar, basándose en la magnitud de deformación unitaria medida en los medios de medición de magnitud de deformación unitaria 8, y son los mismos que en la cuarta realización.

40 Por lo que respecta a la función de los primeros medios de cálculo de magnitud de restitución elástica 12, los primeros medios de cálculo de magnitud de restitución elástica 12 calculan la magnitud de restitución elástica del producto conformado por troquelado, sustituyendo la fuerza de rozamiento, que es la salida de los medios de cálculo de fuerza de rozamiento 11, en la fórmula de conversión. Como fórmula de conversión, se adopta, preferiblemente, el método para obtener la magnitud de restitución elástica llevando a cabo la conformación por troquelado una pluralidad de veces, estudiando la correlación entre la salida de los medios de cálculo de fuerza de rozamiento 11 y la forma del producto conformado, y realizando una aproximación mediante el uso de una expresión polinómica o similar. Como ejemplo concreto, la estimación se lleva a cabo por la siguiente fórmula.

$$\Delta\theta_p = 0,13 F_{roz} - 4,5$$

$\Delta\theta_p$ : magnitud de restitución elástica del ángulo de hombro de punzón del producto conformado [grados]

$F_{roz}$ : fuerza de rozamiento [N] que se produce en el momento del deslizamiento

- Sexta realización (Realización de referencia)

La Figura 13 muestra una vista esquemática de un dispositivo de conformación por troquelado de una sexta realización. En este caso, el dispositivo de conformación por troquelado se ha configurado de manera que la salida de los medios de medición de magnitud de deformación unitaria 8 instalados como en el dispositivo de conformación por troquelado que se ha mostrado en la Figura 7, es transmitida a unos segundos medios de cálculo de magnitud de restitución elástica 13. Los segundos medios de cálculo de magnitud de restitución elástica 13 calculan la magnitud de restitución elástica del producto conformado por troquelado, mediante la sustitución de la magnitud de deformación unitaria medida con los medios de medición de magnitud de deformación unitaria 8, en la fórmula de conversión. Como fórmula de conversión, se adopta, preferiblemente, el método para obtener la magnitud de restitución elástica llevando a cabo la conformación por troquelado una pluralidad de veces, estudiando la correlación entre la salida de los medios de medición de magnitud de deformación unitaria 8 y la forma del producto conformado, y realizando una aproximación mediante el uso de una expresión polinómica o similar. Como ejemplo concreto, la estimación se lleva a cabo mediante la siguiente fórmula.

$$\Delta\theta_p = 0,15 \text{ Deformación unitaria (s)} - 4,5$$

$\Delta\theta_p$ : magnitud de restitución elástica del ángulo de hombro de punzón del producto conformado [grados]

Deformación unitaria (s): magnitud de deformación unitaria en la posición de carrera  $S = dr + dp + t$

(dr: hombro R de la matriz, dp: hombro R del punzón, t: espesor de la placa de material que se ha de trabajar)

En cuanto a los medios de medición de magnitud de deformación unitaria 8, la magnitud de deformación unitaria puede ser fácilmente medida haciendo uso de un sensor piezoeléctrico o de una galga extensiométrica. En cuanto a los medios de control de magnitud de deformación unitaria 9, la magnitud de deformación unitaria puede ser fácilmente controlada mediante el uso de un dispositivo de accionamiento piezoeléctrico.

Un método para controlar una magnitud de accionamiento del miembro que se ha de controlar por parte de los medios de control de magnitud de deformación unitaria 9, de tal manera que la magnitud de deformación unitaria, medida por los medios de medición de magnitud de deformación unitaria 8, se encuentre dentro del intervalo predeterminado durante la conformación, será descrito mediante el uso de un diagrama de flujo que se muestra en la Figura 14.

En primer lugar, en la etapa S101, el material que se ha de trabajar se ajusta en la máquina de troquelado y se inicia la conformación. En este instante,  $i = 1$ . A continuación, en la etapa S102, la carrera de la máquina de troquelado,  $S_{i-1}$  [mm] se hace avanzar en  $\delta S_i$  [mm] para constituir la carrera de la máquina de troquelado  $S_i$  [mm]. Cuando  $i = 1$ , por ejemplo,  $S_1 = S_0 + \delta S_1$ , y, puesto que  $S_0 = 0$ ,  $S_1 = \delta S_1$ .  $\delta S_i$  [mm] se determina antes de efectuar el trabajo.

En la etapa S103, se mide una magnitud de deformación unitaria de herramienta,  $\delta u_i$  [mm], en la carrera  $S_i$  [mm] por parte de los medios de medición de magnitud de deformación unitaria 8. En la etapa S104, se comparan la magnitud de deformación unitaria de herramienta,  $\delta u_i$  [mm], medida en la etapa S103, y un valor de objetivo de magnitud de deformación unitaria de herramienta,  $\delta u_t$  [mm].  $\delta u_t$  se determina antes del efectuar el trabajo.

Si  $\delta u_i = \delta u_t$ , el flujo se remite a la etapa S105 y, sin llevar a cabo un control, el flujo se remite a la etapa S107. Si  $\delta u_i \neq \delta u_t$ , el flujo se remite a la etapa S106, y, mediante el uso de los medios de control de magnitud de deformación unitaria 9, la magnitud de control de deformación unitaria de herramienta,  $\delta u_{c,i+1}$  [mm], se incrementa y decremента de acuerdo con la diferencia  $\delta u_i - \delta u_t$  entre la magnitud de deformación unitaria de herramienta y el valor de objetivo de la magnitud de deformación unitaria de herramienta.

En la etapa S107, se comparan la carrera  $S_i$  [mm] y la carrera de terminación de conformación  $S_{fin}$  [mm]. Si  $S_i = S_{fin}$ , se completa la conformación. En la etapa S107, si  $S_i \neq S_{fin}$ , el flujo se remite a la etapa S108,  $i$  se incrementa en 1 y el flujo retorna a la etapa S102.

A la hora de llevar a cabo el método de conformación por troquelado, la magnitud de deformación unitaria de herramienta,  $\delta u_i$  [mm], puede ser controlada en todo momento de manera que se corresponda con el valor de objetivo de la magnitud de deformación unitaria de herramienta,  $\delta u_t$  [mm], incluso cuando cambian diversas condiciones de la conformación, y es posible reducir, por lo tanto, la variación en la calidad del producto conformado provocada por el hecho de que la magnitud de deformación unitaria de herramienta,  $\delta u_i$  [mm] difiere en cada conformación.

- Ejemplo 1 (Ejemplo de referencia)

Como Ejemplo 1, el dispositivo de conformación por troquelado que se ha mostrado en la Figura 7 se realizó sobre una base experimental, y se llevó a cabo una conformación por troquelado. Las características de la placa de acero que se utilizó se han mostrado en la Tabla 1. Se utilizó un acero ordinario con un espesor de placa del orden de 1,0

mm y con un módulo de Young de 270 MPa.

Tabla 1

MATERIAL	LÍMITE DE DEFORMACIÓN ELÁSTICA [MPa]	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN [MPa]	ELONGACIÓN PORCENTUAL [%]
ACERO ORDINARIO	192	308	49

5 En la Figura 15 se ha mostrado un miembro conformado 1, y en la Figura 16 se ha mostrado un miembro conformado 2. El miembro conformado 1 es un miembro de pilar cuadrado de 600 mm por 600 mm por una altura de conformación de 30 mm, con una superficie inferior de punzón que tiene un radio de curvatura de 1.500 mm (1.500 R) y un hombro de punzón R de 5 mm, tal como se ha mostrado en la Figura 15.

10 El miembro conformado 2 es un miembro de pilar cuadrado de 600 mm por 600 mm por una altura de conformación de 30 mm, con una superficie inferior de punzón que tiene un radio de curvatura de 1.500 mm (1.500 R), de tal manera que la superficie inferior de punzón tiene una forma rebajada de un radio de curvatura de 20 mm (20 R), y un hombro de punzón R de 5 mm, tal como se ha mostrado en la Figura 16.

15 En esta conformación, se seleccionó el soporte 4 de pieza de partida como el miembro que se ha de controlar. La Figura 17 muestra el soporte 4 de pieza de partida utilizado en la conformación. Como se ha mostrado en la Figura 17, se instalaron ocho de los medios de medición de magnitud de deformación unitaria 8 y ocho de los medios de control de magnitud de deformación unitaria 9. Los medios de medición de magnitud de deformación unitaria 8 fueron instalados en el interior de la herramienta de manera tal, que la posición de medición de magnitud de deformación unitaria se encontraba en  $d_s = 30$  mm con respecto a la superficie de la herramienta, haciendo uso del método consistente en perforar un orificio de taladro que no sea pasante o no penetre al través de la herramienta y cortar una rosca hembra, colocar los medios de medición de magnitud de deformación unitaria 8 en el fondo del orificio de taladro y ajustarlos a presión aplicando una fuerza axial con una clavija, tal como se ha mostrado en las Figuras 2A a 2C.

25 Por otra parte, los medios de control de magnitud de deformación unitaria 9 fueron también instalados de manera tal, que la posición de control de magnitud de deformación unitaria se encontraba en  $d_a = 30$  mm con respecto a la superficie de la herramienta, haciendo uso del método consistente en perforar un orificio de taladro que no penetre al través de la herramienta y cortar una rosca hembra, colocar los medios de control de magnitud de deformación unitaria 9 en el fondo del orificio de taladro y ajustarlos a presión aplicando una fuerza axial con una clavija. Los medios de control de magnitud de deformación unitaria 9 se instalaron de un modo tal, que la distancia entre la posición de medición de magnitud de deformación unitaria y la posición de control de magnitud de deformación unitaria era  $L = 30$  mm.

35 La Figura 18 muestra las direcciones de instalación de los medios de medición de magnitud de deformación unitaria 8 y de los medios de control de magnitud de deformación unitaria 9. En primer lugar, a fin de definir las direcciones de instalación, se ha definido el sistema de coordenadas ortogonal XYZ según se muestra en la Figura 18. En este caso, X representa la dirección longitudinal del producto conformado, Y representa la dirección de la anchura del producto conformado, y Z representa la dirección de la altura del producto conformado.

40 Los ocho medios de medición de magnitud de deformación unitaria 8 se instalaron de tal manera que las direcciones de medición de magnitud de deformación unitaria se expresaban por los vectores cuyas componentes satisfacían  $(X, Y, Z) = (0, 0, 1)$  en el sistema de coordenadas ortogonal anteriormente descrito, con la posición de medición de magnitud de deformación unitaria como origen. A la hora de la conformación, se utilizó como medios de medición de magnitud de conformación 8 el sensor piezoeléctrico capaz de detectar la deformación unitaria de compresión y de estiramiento según la dirección de medición de magnitud de deformación unitaria. Con ello, los medios de medición de magnitud de deformación unitaria 8 pueden detectar la deformación unitaria de compresión y de estiramiento según la dirección del eje Z.

45 Los ocho medios de control de magnitud de deformación unitaria 9 se instalaron de tal manera que las direcciones de control de magnitud de deformación unitaria se expresaban por los vectores cuyas componentes satisfacían  $(X, Y, Z) = (0, 0, 1)$  en el sistema de coordenadas ortogonal anteriormente descrito, con la posición de control de magnitud de deformación unitaria como origen.

50 A la hora de la conformación, como medios de control de magnitud de deformación unitaria 9 se utilizó el dispositivo de accionamiento piezoeléctrico capaz de controlar la deformación unitaria de compresión y de estiramiento en la dirección de control de magnitud de deformación unitaria. Con ello, los medios de control de magnitud de deformación unitaria 9 son capaces de controlar la deformación unitaria de compresión y de estiramiento en la dirección del eje Z.

En el momento de la conformación, se estableció, para cada  $i$ ,  $\delta S_i = 1$  [mm]. Esto es, el bucle de medición y control se ejecutó repetidamente para cada carrera de 1 mm. A la hora de efectuar la conformación, para cada  $i$ , el valor de objetivo de la magnitud de deformación unitaria de herramienta se estableció en  $\delta u_i = 0$  [mm]. Por otra parte, la fórmula de la etapa S106 del diagrama de flujo mostrado en la Figura 9 era:

$$5 \quad \delta u_{i+1} = \delta u_i + f(\delta u_i - \delta u_i) = \delta u_i - (\delta u_i - \delta u_i).$$

Por lo tanto, la magnitud de control de desviación de herramienta  $\delta u_{i+1}$  [mm] se determinó de acuerdo con  $\delta u_{i+1} = \delta u_i - (\delta u_i - \delta u_i) = \delta u_i$ .

Es decir, a la hora de la conformación, los medios de control de magnitud de deformación unitaria 9 llevaron a cabo un control para hacer que la magnitud de deformación unitaria de herramienta  $\delta u_i$  [mm] que fue detectada por los medios de medición de magnitud de deformación unitaria 8, fuera cercana a cero.

Por otra parte, como Ejemplo comparativo 1, se llevó a cabo una conformación sin utilizar el dispositivo de conformación por troquelado de la presente invención. Las condiciones de conformación en el dispositivo de conformación por troquelado utilizado para el Ejemplo comparativo 1 eran las mismas que las del Ejemplo 1, a excepción de que el Ejemplo comparativo 1 no se sirvió de los medios de medición de magnitud de deformación unitaria 8 ni de los medios de control de magnitud de deformación unitaria 9.

En la Tabla 2 se muestra una comparación entre la irregularidad en el perfil y la flexibilidad en la forma en el Ejemplo 1 y en el Ejemplo comparativo 1. En primer lugar, las superficies inferiores de los dos productos conformados, que son el miembro conformado 1 y el miembro conformado 2, se midieron con el dispositivo de medición de forma tridimensional, y se calcularon las curvaturas de conformación ( $k = 1/R$ ) a lo largo de un arco 1 y un arco 2 de la Figura 15 o la Figura 16. Aquí,  $R$  es un radio de curvatura.

A continuación, se calculó un valor máximo  $\Delta k$  de la diferencia entre la curvatura de conformación medida  $k$  y la curvatura de conformación  $k_{\text{diseño}}$  de la herramienta. Si el producto conformado tiene la misma distribución de curvatura de conformación que la herramienta ( $k = k_{\text{diseño}}$ ),  $\Delta k = 0$ . La  $\Delta k$  se tomó como el índice de la irregularidad en el perfil y la flexibilidad en la forma.

25 Tabla 2

		$\Delta k$ (ARCO 1) [1/m]	$\Delta k$ (ARCO 2) [1/m]
EJEMPLO 1	MIEMBRO CONFORMADO 1	2,1	1,9
	MIEMBRO CONFORMADO 2	3,2	3,8
EJEMPLO COMPARATIVO 1	MIEMBRO CONFORMADO 1	12,5	14,2
	MIEMBRO CONFORMADO 2	13,5	13,1

Como se ha mostrado en la Tabla 2, se obtuvieron más resultados favorables del miembro conformado 1 y del miembro conformado 2 en el Ejemplo 1 por lo que respecta a la irregularidad en el perfil y a la flexibilidad en la forma. Es concebible que se haya conseguido una reducción de la deformación unitaria superficial y una mejora de la flexibilidad en la forma del producto conformado por troquelado.

- Ejemplo 2 (Ejemplo de referencia)

Como Ejemplo 2, se realizó sobre una base experimental el dispositivo de conformación por troquelado que se ha mostrado en la Figura 7, y se llevó a cabo una conformación por troquelado. A fin de estudiar el efecto de mejora del límite de conformación, se llevó a cabo la conformación cambiando la altura de conformación de 30 mm del miembro conformado 1 y del miembro conformado 2 del Ejemplo 1. Las condiciones eran las mismas que las del Ejemplo 1, excepto para la altura de conformación.

Por otra parte, como Ejemplo comparativo 2, se llevó a cabo una conformación sin utilizar el dispositivo de conformación por troquelado de la presente invención. Las condiciones de conformación en el dispositivo de conformación por troquelado utilizado para el Ejemplo comparativo 2 eran las mismas que las del Ejemplo 2, a excepción de que el Ejemplo comparativo 2 no se sirvió de los medios de medición de magnitud de deformación

unitaria 8 ni de los medios de control de magnitud de deformación unitaria 9.

5 La Tabla 3 muestra la comparación de los límites de conformación en el Ejemplo 2 y en el Ejemplo comparativo 2. La conformación se llevó a cabo siendo el número de muestras 30, y se ha marcado con un círculo (bueno) el caso en que el 90% de ellas o más se habían conformado sin rotura, se ha marcado con un triángulo (aceptable) el caso en que fue posible conformar sin rotura entre el 50% y el 90% de ellas, y se ha marcado con una cruz (malo) el caso en que no fue posible conformar sin rotura más del 50% de ellas.

Tabla 3

		ALTURA DE CONFORMACIÓN 30 mm	ALTURA DE CONFORMACIÓN 35 mm	ALTURA DE CONFORMACIÓN 40 mm
EJEMPLO 2	MIEMBRO CONFORMADO 1	O	O	O
	MIEMBRO CONFORMADO 2	O	O	Δ
EJEMPLO COMPARATIVO 2	MIEMBRO CONFORMADO 1	O	x	x
	MIEMBRO CONFORMADO 2	Δ	x	x

10 Como se muestra en la Tabla 3, se obtuvieron más resultados favorables del miembro conformado 1 y del miembro conformado 2 del Ejemplo 2 por lo que respecta al límite de conformación. Es concebible que se haya conseguido una mejora en el límite de conformación de los productos conformados por troquelado.

- Ejemplo 3 (Ejemplo de referencia)

15 Como Ejemplo 3, se realizó sobre una base experimental el dispositivo de conformación por troquelado que se ha mostrado en la Figura 7, y se llevó a cabo una conformación por troquelado. A fin de estudiar el efecto de reducción de la variación en calidad del producto conformado, se produjeron en volumen los miembros conformados 1 y los miembros conformados 2 del Ejemplo 1. La cantidad de producción de cada uno del miembro de pilar cuadrado y el miembro de sección en sombrero fue 100 por día x 30 días, esto es, 3.000 en total. El periodo de producción fue seis meses. Las diversas condiciones de conformación se establecieron de manera que fueran las mismas que en el  
20 Ejemplo 1.

Por otra parte, como ejemplo comparativo 3, se llevó a cabo una conformación sin utilizar el dispositivo de conformación por troquelado de la presente invención. Las condiciones de conformación en el dispositivo de conformación por troquelado utilizado para el Ejemplo comparativo 3 fueron las mismas que las del Ejemplo 3, a excepción de que el Ejemplo comparativo 3 no se sirvió de los medios de medición de magnitud de deformación unitaria 8 ni de los medios de control de magnitud de deformación unitaria 9.  
25

La Tabla 4 muestra la comparación entre las variaciones de calidad del producto conformado en el Ejemplo 3 de la presente invención y las del Ejemplo comparativo 3. Como índices para establecer la variación de calidad como producto conformado de los miembros conformados, se utilizaron los dos siguientes.

30 (1) Proporción de aparición de grietas y rugosidades = número de apariciones de grietas y rugosidades / número de productos producidos en total.

(2) Variación de  $\Delta k$  = desviación típica de  $\Delta k$  / valor promedio de  $\Delta k$

Se llevó a cabo el cálculo de la variación de  $\Delta k$  para los miembros que pudieron ser conformados sin grietas ni rugosidades.

35

Tabla 4

		PROPORCIÓN DE APARICIÓN DE GRIETAS y RUGOSIDADES	VARIACIÓN DE $\Delta k$ (ARCO 1)	VARIACIÓN DE $\Delta k$ (ARCO 2)
EJEMPLO 3	MIEMBRO CONFORMADO 1	0,3%	2,1%	1,9%
	MIEMBRO CONFORMADO 2	1,2%	3,6%	4,1%
EJEMPLO COMPARATIVO 3	MIEMBRO CONFORMADO 1	8,2%	18,2%	17,6%
	MIEMBRO CONFORMADO 2	14,5%	22,1%	19,6%

Como se ha mostrado en la Tabla 4, se obtuvieron más resultados favorables del miembro conformado 1 y del miembro conformado 2 del Ejemplo 3. Es concebible que, en el Ejemplo 3, se llevase a cabo un control de manera tal, que la magnitud de deformación unitaria de herramienta  $\delta u_i$  [mm] siempre se correspondiera con el valor de objetivo de la magnitud de deformación unitaria de herramienta,  $\delta u_{ti}$  [mm], incluso cuando cambiasen diversas condiciones de conformación, y, por tanto, la variación en la calidad del producto conformado se redujo.

- Ejemplo 4 (Ejemplo de referencia)

Como Ejemplo 4, el dispositivo de conformación por troquelado mostrado en la Figura 7 se realizó sobre una base experimental, y se llevó a cabo una conformación por troquelado. Las características de la placa de acero que se utilizó eran las mismas que las de la Tabla 1. Los miembros conformados fueron dos, que son el miembro conformado 1 mostrado en la Figura 15 y el miembro conformado 2 mostrado en la Figura 16.

En la conformación, como miembros que se iban a controlar, se escogieron el punzón 2, el soporte 4 de la pieza de partida y la matriz 7. La Figura 19 muestra el punzón 2 y el soporte 4 de la pieza de partida que se utilizaron para la conformación. Tal como se ha mostrado en el dibujo, en el soporte 4 de la pieza de partida se instalaron ocho de los medios de medición de magnitud de deformación unitaria 8 y ocho de los medios de control de magnitud de deformación unitaria 9. Por otra parte, como método de instalación de los medios de medición de magnitud de deformación unitaria 8 y de los medios de control de magnitud de deformación unitaria 9, se utilizó el método consistente, como en las Figuras 2A a 2C, en perforar un orificio de taladro que no era penetrante, o pasante, al través de la herramienta, cortar una rosca hembra, colocar los medios de medición de magnitud de deformación unitaria 8 en el fondo del orificio de taladro, y aplicar una fuerza axial con una clavija para ajustar a presión los medios de medición de magnitud de deformación unitaria 8.

Los medios de medición de magnitud de deformación unitaria 8 fueron instalados de tal manera que su posición de medición de magnitud de deformación unitaria se encontraba a  $d_s = 30$  mm con respecto a la superficie del soporte 4 de la pieza de partida. Por otra parte, los medios de control de magnitud de deformación unitaria 9 se instalaron de un modo tal, que la posición de control de magnitud de deformación unitaria se encontraba a  $d_a = 30$  cm con respecto a la superficie del soporte 4 de la pieza de partida. Por otra parte, los medios de control de magnitud de deformación unitaria 9 se instalaron de tal manera que la distancia entre la posición de medición de magnitud de deformación unitaria y la posición de control de magnitud de deformación unitaria era  $L = 30$  mm.

Por otro lado, se han instalado dentro del punzón 2 unos únicos medios de medición de magnitud de deformación unitaria 8 y unos únicos medios de control de magnitud de deformación unitaria 9. En la Figura 20 se muestra el método de instalación de los medios de medición de magnitud de deformación unitaria 8 y de los medios de control de magnitud de deformación unitaria 9 en el interior del punzón 2.

Los medios de medición de magnitud de deformación unitaria 8 se instalaron de un modo tal, que la posición de medición de magnitud de deformación unitaria se encontraba a  $d_s = 15$  mm de la superficie del punzón 2. Por otra parte, los medios de control de magnitud de deformación unitaria 9 se instalaron de tal forma que la posición de control de magnitud de deformación unitaria se encontraba a  $d_a = 15$  mm de la superficie del punzón 2. Por otro lado, los medios de control de magnitud de deformación unitaria 9 se instalaron de tal manera que la distancia entre la posición de medición de magnitud de deformación unitaria y la posición de control de magnitud de deformación unitaria era  $L = 15$  mm.

La Figura 21 muestra la matriz 7 utilizada para la conformación. Tal y como se ha mostrado en el dibujo, se instalaron dentro de la matriz 7 ocho de los medios de medición de magnitud de deformación unitaria 8 y ocho de los medios de control de magnitud de deformación unitaria 9. Por otra parte, como método de instalación de los medios de medición de magnitud de deformación unitaria 8 y de los medios de control de magnitud de deformación unitaria

9, se empleó el método, como en las Figuras 2A a 2C, consistente en perforar un orificio de taladro que no es pasante o no penetra al través de la herramienta, cortar una rosca hembra, colocar los medios de medición de magnitud de deformación unitaria 8 en el fondo del orificio de taladro, y aplicar una fuerza axial por medio de una clavija para ajustar a presión los medios de medición de magnitud de deformación unitaria 8.

5 Los medios de medición de magnitud de deformación unitaria 8 se instalaron de tal modo que la posición de medición de magnitud de deformación unitaria se encontraba a  $d_s = 30$  mm con respecto a la superficie de la matriz 7. Por otra parte, los medios de control de magnitud de deformación unitaria 9 se instalaron de tal manera que la posición de control de magnitud de deformación unitaria se encontraba a  $d_a = 30$  mm con respecto a la superficie de la matriz 7. Por otro lado, los medios de control de magnitud de deformación unitaria 9 se instalaron de un modo tal, que la distancia entre la posición de medición de magnitud de deformación unitaria y la posición de control de magnitud de deformación unitaria era  $L = 30$  mm.

15 La Figura 22 muestra las direcciones de instalación de los medios de medición de magnitud de deformación unitaria 8 y de los medios de control de magnitud de deformación unitaria 9. En primer lugar, a fin de definir las direcciones de instalación, se define el sistema de coordenadas ortogonal XYZ tal y como se muestra en el dibujo. En este caso, X representa la dirección longitudinal del producto conformado, Y representa la dirección de la anchura del producto conformado, y Z representa la dirección de la altura del producto conformado.

20 En el interior del soporte 4 de la pieza de partida así como de la matriz 7, los ocho medios de medición de magnitud de deformación unitaria 8 se instalaron de manera tal, que las direcciones de medición de magnitud de deformación unitaria se expresaban por vectores cuyas componentes satisfacen  $(X, Y, Z) = (0, 0, 1)$  en el sistema de coordenadas ortogonal anteriormente descrito, con la posición de medición de magnitud de deformación unitaria como origen. A la hora de la conformación, como medios de medición de magnitud de deformación unitaria 8, se utilizó un sensor piezoeléctrico capaz de detectar la deformación unitaria de compresión y de estiramiento según la dirección de medición de magnitud de deformación unitaria. Gracias a ello, los medios de medición de magnitud de deformación unitaria 8 son capaces de detectar la deformación unitaria de compresión y de estiramiento según la dirección del eje Z.

30 En el interior del soporte 4 de la pieza de partida así como de la matriz 7, los ocho medios de control de magnitud de deformación unitaria 9 se instalaron de un modo tal, que sus direcciones de control de magnitud de deformación unitaria se expresaban por vectores cuyas componentes satisfacen  $(X, Y, Z) = (0, 0, 1)$  en el sistema de coordenadas ortogonal anteriormente descrito, con la posición de control de magnitud de deformación unitaria como origen. A la hora de la conformación, como medios de control de magnitud de deformación unitaria 9, se utilizó un dispositivo de accionamiento piezoeléctrico capaz de controlar la deformación unitaria de compresión y de estiramiento según la dirección de medición de deformación unitaria. Gracias a ello, los medios de control de magnitud de deformación unitaria 9 son capaces de controlar la deformación unitaria de compresión y de estiramiento según la dirección del eje Z.

35 En el interior del punzón 2 se instalaron los medios de medición de magnitud de deformación unitaria 8 de un modo tal, que la dirección de medición de magnitud de deformación unitaria se expresaba por un vector cuyas componentes satisfacen  $(X, Y, Z) = (0, 0, 1)$  en el sistema de coordenadas ortogonal anteriormente descrito, con la posición de medición de magnitud de deformación unitaria como origen. A la hora de la conformación, como medios de medición de magnitud de deformación unitaria 8, se utilizó un sensor piezoeléctrico capaz de detectar la deformación unitaria de compresión y de estiramiento según la dirección de medición de magnitud de deformación unitaria.

45 En el interior del punzón 2, los medios de control de magnitud de deformación unitaria 9 se instalaron de manera tal, que su dirección de control de magnitud de deformación unitaria se expresaba por un vector cuyas componentes satisfacen  $(X, Y, Z) = (0, 1/\sqrt{2}, 1/\sqrt{2})$  en el sistema de coordenadas ortogonal anteriormente descrito, con la posición de control de magnitud de deformación unitaria como origen. A la hora de la conformación, como medios de control de magnitud de deformación unitaria 9, se utilizó un dispositivo de accionamiento piezoeléctrico capaz de controlar la deformación unitaria de compresión y de estiramiento según la dirección de control de magnitud de deformación unitaria.

50 A la hora de la conformación, se estableció  $\delta S_i = 1$  [mm] para cada  $i$ . Es decir, se llevó a cabo repetidamente un bucle de medición y control en cada carrera de 1 mm. A la hora de la conformación, se estableció el valor de objetivo de magnitud de deformación unitaria de herramienta  $\delta u_i = 0$  [mm] para cada  $i$ . La fórmula de la etapa S106 del diagrama de flujo mostrado en la Figura 8 era:

$$\delta u_{i+1} = \delta u_i + f(\delta u_i - \delta u_i) = \delta u_i - (\delta u_i - \delta u_i).$$

55 Por lo tanto, la magnitud de control de desviación de herramienta  $\delta u_{i+1}$  [mm] se determinó de acuerdo con  $\delta u_{i+1} = \delta u_i - (\delta u_i - \delta u_i) = \delta u_i - \delta u_i$ .

Es decir, a la hora de la conformación, los medios de control de magnitud de deformación unitaria 9 llevaron a cabo un control para hacer que la magnitud de deformación unitaria de herramienta  $\delta u_i$  [mm] que fue detectada por los

medios de medición de magnitud de deformación unitaria 8, fuera cercana a cero.

5 Por otra parte, como Ejemplo comparativo 4, se llevó a cabo una conformación sin utilizar el dispositivo de conformación por troquelado de la presente invención. Las condiciones de conformación en el dispositivo de conformación por troquelado utilizado para el Ejemplo comparativo 4 eran las mismas que las del Ejemplo 4, a excepción de que el Ejemplo comparativo 4 no se sirvió de los medios de medición de magnitud de deformación unitaria 8 ni de los medios de control de magnitud de deformación unitaria 9.

10 En la Tabla 5 se muestra una comparación entre la irregularidad en el perfil y la flexibilidad en la forma en el Ejemplo 4 y en el Ejemplo comparativo 4. En primer lugar, las superficies inferiores de los dos productos conformados, que son el miembro conformado 1 y el miembro conformado 2, se midieron con el dispositivo de medición de forma tridimensional, y se calcularon las curvaturas de conformación ( $k = 1/R$ ) a lo largo del arco 1 y del arco 2 de la Figura 15 o la Figura 16. Aquí, R es un radio de curvatura.

15 A continuación, se calculó el valor máximo  $\Delta k$  de la diferencia entre la curvatura de conformación medida  $k$  y la curvatura de conformación  $k_{\text{diseño}}$  de la herramienta. Si el producto conformado tiene la misma distribución de curvatura de conformación que la herramienta ( $k = k_{\text{diseño}}$ ),  $\Delta k = 0$ . La  $\Delta k$  se tomó como el índice de la irregularidad en el perfil y la flexibilidad en la forma.

Tabla 5

		$\Delta k$ (ARCO 1) [1/m]	$\Delta k$ (ARCO 2) [1/m]
EJEMPLO 4	MIEMBRO CONFORMADO 1	1,8	1,5
	MIEMBRO CONFORMADO 2	3,3	2,7
EJEMPLO COMPARATIVO 4	MIEMBRO CONFORMADO 1	11,2	12,1
	MIEMBRO CONFORMADO 2	12,9	11,5

20 Como se ha mostrado en la Tabla 5, se obtuvieron más resultados favorables del miembro conformado 1 y del miembro conformado 2 en el Ejemplo 4 por lo que respecta a la irregularidad en el perfil y a la flexibilidad en la forma. Es concebible que se haya conseguido una reducción de la deformación unitaria superficial y una mejora de la flexibilidad en la forma del producto conformado por troquelado.

- Ejemplo 5 (Ejemplo de referencia)

25 Como Ejemplo 5, se realizó sobre una base experimental el dispositivo de conformación por troquelado que se ha mostrado en la Figura 7, y se llevó a cabo una conformación por troquelado. A fin de estudiar el efecto de mejora del límite de conformación de acuerdo con la presente invención, se llevó a cabo la conformación cambiando la altura de conformación de 30 mm del miembro conformado 1 y del miembro conformado 2 del Ejemplo 4. Las condiciones eran las mismas que las del Ejemplo 4, excepto para la altura de conformación.

30 Por otra parte, como Ejemplo comparativo 5, se llevó a cabo una conformación sin utilizar el dispositivo de conformación por troquelado de la presente invención. Las condiciones de conformación en el dispositivo de conformación por troquelado utilizado para el Ejemplo comparativo 5 eran las mismas que las del Ejemplo 5, a excepción de que el Ejemplo comparativo 5 no se sirvió de los medios de medición de magnitud de deformación unitaria 8 ni de los medios de control de magnitud de deformación unitaria 9.

35 La Tabla 6 muestra la comparación de los límites de conformación en el Ejemplo 5 de la presente invención y en el Ejemplo comparativo 5. La conformación se llevó a cabo siendo el número de muestras 30, y se ha marcado con un círculo (bueno) el caso en que el 90% de ellas o más se habían conformado sin rotura, se ha marcado con un triángulo (aceptable) el caso en que fue posible conformar sin rotura entre el 50% y el 90% de las muestras, y se ha marcado con una cruz (malo) el caso en que no fue posible conformar sin rotura más del 50% de ellas.

40

Tabla 6

		ALTURA DE CONFORMACIÓN 30 mm	ALTURA DE CONFORMACIÓN 35 mm	ALTURA DE CONFORMACIÓN 40 mm
EJEMPLO 5	MIEMBRO CONFORMADO 1	O	O	O
	MIEMBRO CONFORMADO 2	O	O	O
EJEMPLO COMPARATIVO 5	MIEMBRO CONFORMADO 1	O	x	x
	MIEMBRO CONFORMADO 2	Δ	x	x

Como se muestra en la Tabla 6, se obtuvieron más resultados favorables del miembro conformado 1 y del miembro conformado 2 del Ejemplo 5 por lo que respecta al límite de conformación. Es concebible que se haya conseguido una mejora en el límite de conformación de los productos conformados por troquelado.

5 - Ejemplo 6 (Ejemplo de referencia)

Como Ejemplo 6, se realizó sobre una base experimental el dispositivo de conformación por troquelado que se ha mostrado en la Figura 7, y se llevó a cabo una conformación por troquelado. A fin de estudiar el efecto de reducción de la variación en calidad del producto conformado, se produjeron en volumen los miembros conformados 1 y los miembros conformados 2 del Ejemplo 4. La cantidad de producción de cada uno del miembro de pilar cuadrado y el miembro de sección en sombrero fue 100 por día x 30 días, esto es, 3.000 en total. El periodo de producción fue seis meses. Las diversas condiciones de conformación fueron las mismas que las del Ejemplo 4.

Por otra parte, como Ejemplo comparativo 6, se llevó a cabo una conformación sin utilizar el dispositivo de conformación por troquelado de la presente invención. Las condiciones de conformación en el dispositivo de conformación por troquelado utilizado para el Ejemplo comparativo 6 se ajustaron de manera que fueran las mismas que las del Ejemplo 6, a excepción de que el Ejemplo comparativo 6 no se sirvió de los medios de medición de magnitud de deformación unitaria 8 ni de los medios de control de magnitud de deformación unitaria 9.

La Tabla 7 muestra la comparación entre las variaciones de calidad del producto conformado en el Ejemplo 6 de la presente invención y las del Ejemplo comparativo 6. Como índices para establecer la variación de calidad como producto conformado de los miembros conformados, se utilizaron los dos siguientes.

(1) Proporción de aparición de grietas y rugosidades = número de apariciones de grietas y rugosidades / número de productos en total.

(2) Variación de  $\Delta k$  = desviación típica de  $\Delta k$  / valor promedio de  $\Delta k$

Se llevó a cabo el cálculo de la variación de  $\Delta k$  para los miembros que pudieron ser conformados sin grietas ni rugosidades.

Tabla 7

		PROPORCIÓN DE APARICIÓN DE GRIETAS y RUGOSIDADES	VARIACIÓN DE $\Delta k$ (ARCO 1)	VARIACIÓN DE $\Delta k$ (ARCO 2)
EJEMPLO 6	MIEMBRO CONFORMADO 1	0,1%	1,2%	1,1%
	MIEMBRO CONFORMADO 2	0,9%	3,3%	4,0%
EJEMPLO COMPARATIVO 6	MIEMBRO CONFORMADO 1	7,9%	17,5%	17,2%

	MIEMBRO CONFORMADO 2	15,5%	23,1%	19,4%
--	----------------------	-------	-------	-------

5 Como se ha mostrado en la Tabla 7, se obtuvieron más resultados favorables tanto del miembro conformado 1 como del miembro conformado 2 del Ejemplo 6. Es concebible que, en el Ejemplo 6, se llevase a cabo un control de manera tal, que la magnitud de deformación unitaria de herramienta  $\delta u_i$  [mm] siempre se correspondiera con el valor de objetivo de la magnitud de deformación unitaria de herramienta,  $\delta u_{ti}$  [mm], incluso cuando cambiasen diversas condiciones de conformación, y, por tanto, la variación en la calidad del producto conformado se redujo.

- Ejemplo 7 (Ejemplo de la invención)

10 Como Ejemplo 7 de la presente invención, el dispositivo de conformación por troquelado mostrado en la Figura 9 se realizó sobre una base experimental, y se llevó a cabo una conformación por troquelado. Las características de la placa de acero que se utilizó eran las mismas que las mostradas en la Tabla 1. Como producto conformado, se conformó el miembro conformado 1 que se ha mostrado en la Figura 15. El método de instalación de los medios de medición de magnitud de deformación unitaria 8 y de los medios de control de magnitud de deformación unitaria 9 es el mismo que el del Ejemplo 1.

15 Los medios de cálculo de fuerza de rozamiento 11 calcularon la fuerza de rozamiento basándose en la siguiente expresión aritmética.

$$F_{roz} = (3 \times 10^{-3}) \times \text{Deformación unitaria (s)} \times \text{BHF}$$

$F_{roz}$ : fuerza de rozamiento [N] que se produce en el momento del deslizamiento

Deformación unitaria (s): el valor promedio de la magnitud de deformación unitaria suministrada como salida desde los ocho medios de medición de magnitud de deformación unitaria en la posición de carrera  $S = dr + dp + t$

20 (dr: hombro R de la matriz, dp: hombro R del punzón, t: espesor de la placa de material que se ha de trabajar)

BHF : fuerza de soporte de la pieza de partida ("blank holding force") [N]

25 El Ejemplo 7 de la presente invención llevó a cabo el control para generar una deformación unitaria de  $50 \mu\epsilon$  por parte de los medios de control de magnitud de deformación unitaria 9 cuando la salida de los medios de cálculo de fuerza de rozamiento 11 era 100 kN o menos, y para generar una deformación unitaria de  $20 \mu\epsilon$  por parte de los medios de control de magnitud de deformación unitaria 9 cuando la salida de los medios de cálculo de fuerza de rozamiento 11 era 100 kN o más.

30 Por otra parte, como Ejemplo comparativo 7, se llevó a cabo una conformación sin hacer uso del dispositivo de conformación por troquelado de la presente invención. Las condiciones de conformación en el dispositivo de conformación por troquelado utilizado para el Ejemplo comparativo 7 eran las mismas que las del Ejemplo 7, a excepción de que el Ejemplo comparativo 7 no utilizó los medios de medición de magnitud de deformación unitaria 8 ni los medios de control de magnitud de deformación unitaria 9 de la presente invención.

35 En la Tabla 8 se ha mostrado una comparación entre la irregularidad en el perfil y la flexibilidad en la forma en el Ejemplo 7 de la presente invención y en el Ejemplo comparativo 7. El método para la evaluación de los productos conformados es el mismo que en el Ejemplo 1.

Tabla 8

	$\Delta k$ (ARCO 1) [1/m]	$\Delta k$ (ARCO 2) [1/m]
EJEMPLO 7	1,4	2,1
EJEMPLO COMPARATIVO 7	12,5	14,2

40 Como se ha mostrado en la Tabla 8, se obtuvo un resultado más favorable del Ejemplo 7 de la presente invención por lo que respecta a la irregularidad en el perfil y a la flexibilidad en la forma. Es concebible que se haya conseguido una reducción de la deformación unitaria superficial y una mejora de la flexibilidad en la forma del producto conformado por troquelado, al llevar a cabo el método de la presente invención.

- Ejemplo 8 (Ejemplo de la invención)

5 Como Ejemplo 8 de la presente invención, se realizó sobre una base experimental el dispositivo de conformación por troquelado mostrado en la Figura 12, y se llevó a cabo una conformación por troquelado. Las características de la placa de acero que se utilizó eran las mismas que las mostradas en la Tabla 1. Como producto conformado, se conformó el miembro conformado 1 que se ha mostrado en la Figura 15. El método de instalación de los medios de medición de magnitud de deformación unitaria 8 y de los medios de control de magnitud de deformación unitaria 9 es el mismo que el del Ejemplo 1.

Los medios de cálculo de fuerza de rozamiento 11 calcularon la fuerza de rozamiento basándose en la siguiente expresión aritmética.

10  $F_{roz} = (3 \times 10^{-3}) \times \text{Deformación unitaria (s)} \times \text{BHF}$

$F_{roz}$ : fuerza de rozamiento [N] que se produce en el momento del deslizamiento

Deformación unitaria (s): el valor promedio de la magnitud de deformación unitaria suministrada como salida desde los ocho medios de medición de magnitud de deformación unitaria en la posición de carrera  $S = dr + dp + t$

15 (dr: hombro R de la matriz, dp: hombro R del punzón, t: espesor de la placa de material que se ha de trabajar)

BHF : fuerza de soporte de la pieza de partida (“blank holding force”) [N]

Por otra parte, los primeros medios de cálculo de magnitud de restitución elástica 12 calcularon la magnitud de restitución elástica basándose en la siguiente expresión aritmética.

$\Delta\theta_p = 0,13 F_{roz} - 4,5$

20  $\Delta\theta_p$ : magnitud de restitución elástica del ángulo de hombro de punzón del producto conformado [grados]

$F_{roz}$ : fuerza de rozamiento [N] que se produce en el momento del deslizamiento

25 El Ejemplo 8 de la presente invención llevó a cabo el control para generar una deformación unitaria de  $50 \mu\epsilon$  por parte de los medios de control de magnitud de deformación unitaria 9 cuando la salida de los primeros medios de cálculo de magnitud de restitución elástica 12 es 8,5 grados o menos, y para generar una deformación unitaria de  $20 \mu\epsilon$  por parte de los medios de control de magnitud de deformación unitaria 9 cuando la salida de los primeros medios de cálculo de magnitud de restitución elástica 12 es 8,5 grados o más.

30 Por otra parte, como Ejemplo comparativo 8, se llevó a cabo una conformación sin utilizar el dispositivo de conformación por troquelado de la presente invención. Las condiciones de conformación en el dispositivo de conformación por troquelado utilizado para el Ejemplo comparativo 8 eran las mismas que las del Ejemplo 8, a excepción de que el Ejemplo comparativo 8 no utilizó los medios de medición de magnitud de deformación unitaria 8 ni los medios de control de magnitud de deformación unitaria 9 de la presente invención.

En la Tabla 9 se ha mostrado una comparación entre la irregularidad en el perfil y la flexibilidad en la forma en el Ejemplo 8 de la presente invención y en el Ejemplo comparativo 8. El método para la evaluación de los productos conformados es el mismo que en el Ejemplo 1.

35 Tabla 9

	$\Delta k$ (ARCO 1) [1/m]	$\Delta k$ (ARCO 2) [1/m]
EJEMPLO 8	1,3	2,5
EJEMPLO COMPARATIVO 8	12,5	14,2

40 Como se ha mostrado en la Tabla 9, se obtuvo un resultado más favorable del Ejemplo 8 de la presente invención por lo que respecta a la irregularidad en el perfil y a la flexibilidad en la forma. Es concebible que se haya conseguido una reducción de la deformación unitaria superficial y una mejora de la flexibilidad en la forma del producto conformado por troquelado, al llevar a cabo el método de la presente invención.

- Ejemplo 9 (Ejemplo de referencia)

Como Ejemplo 9, se realizó sobre una base experimental el dispositivo de conformación por troquelado mostrado en la Figura 13, y se llevó a cabo una conformación por troquelado. Las características de la placa de acero que se utilizó eran las mismas que las mostradas en la Tabla 1. Como producto conformado, se conformó el miembro conformado 1 que se ha mostrado en la Figura 15. El método de instalación de los medios de medición de magnitud de deformación unitaria 8 y de los medios de control de magnitud de deformación unitaria 9 es el mismo que el del Ejemplo 1.

Los segundos medios de cálculo de magnitud de restitución elástica 13 calcularon la magnitud de restitución elástica basándose en la siguiente expresión aritmética.

$$\Delta\theta_p = 0,15 \text{ Deformación unitaria (s)} - 4,5$$

$\Delta\theta_p$ : magnitud de restitución elástica del ángulo de hombro de punzón del producto conformado [grados]

Deformación unitaria (s): magnitud de deformación unitaria en la posición carrera  $S = dr + dp + t$

(dr: hombro R de la matriz, dp: hombro R del punzón, t: espesor de la placa de material que se ha de trabajar)

El Ejemplo 9 realizó el control para generar una deformación unitaria de 50  $\mu\epsilon$  por parte de los medios de control de magnitud de deformación unitaria 9 cuando la salida de los segundos medios de cálculo de restitución elástica 13 era 8,5 grados o menos, y para generar una deformación unitaria de 20  $\mu\epsilon$  por parte de los medios de control de magnitud de deformación unitaria 9 cuando la salida de los segundos medios de cálculo de magnitud de restitución elástica 13 era 8,5 grados o más.

Por otra parte, como Ejemplo comparativo 9, se llevó a cabo una conformación sin utilizar el dispositivo de conformación por troquelado de la presente invención. Las condiciones de conformación en el dispositivo de conformación por troquelado utilizado para el Ejemplo comparativo 9 eran las mismas que las del Ejemplo 9, a excepción de que el Ejemplo comparativo 9 no utilizó los medios de medición de magnitud de deformación unitaria 8 ni los medios de control de magnitud de deformación unitaria 9.

En la Tabla 10 se ha mostrado una comparación entre la irregularidad en el perfil y la flexibilidad en la forma en el Ejemplo 9 y en el Ejemplo comparativo 9. El método para la evaluación de los productos conformados es el mismo que en el Ejemplo 1.

Tabla 10

	$\Delta k$ (ARCO 1) [1/m]	$\Delta k$ (ARCO 2) [1/m]
EJEMPLO 9	1,7	2,9
EJEMPLO COMPARATIVO 9	12,5	14,2

Como se ha mostrado en la Tabla 10, se obtuvo un resultado más favorable del Ejemplo 9 por lo que respecta a la irregularidad en el perfil y a la flexibilidad en la forma. Es concebible que se haya conseguido una reducción de la deformación unitaria superficial y una mejora de la flexibilidad en la forma del producto conformado por troquelado.

- Ejemplo 10 (Ejemplo de la invención)

Como Ejemplo 10 de la presente invención, se realizó sobre una base experimental el dispositivo de conformación por troquelado mostrado en la Figura 9, y se llevó a cabo una conformación por troquelado. Las características de la placa de acero que se utilizó eran las mismas que las mostradas en la Tabla 1. Como producto conformado, se conformó el miembro conformado 1 que se ha mostrado en la Figura 15. El método de instalación de los medios de medición de magnitud de deformación unitaria 8 y de los medios de control de magnitud de deformación unitaria 9 es el mismo que el del Ejemplo 1. El método de cálculo de la fuerza de rozamiento por parte de los medios de cálculo de fuerza de rozamiento 11 es el mismo que el método utilizado en el Ejemplo 7. En el Ejemplo 10 de la presente invención, no se llevó a cabo ningún control de magnitud de deformación unitaria del miembro que se ha de controlar mediante el uso de los medios de control de magnitud de deformación unitaria 9.

Por otra parte, como Ejemplo comparativo 10, se realizó sobre una base experimental un dispositivo de conformación por troquelado según se ha mostrado en la Figura 23. En la Figura 23, como sustituto de los medios de medición de magnitud de deformación unitaria 8, una placa plana 21 y el soporte 4 de la pieza de partida, o la placa plana 21 y la matriz 7, o bien la placa plana 21 y el punzón 2, se sujetaron con unos pernos de sujeción 22 con

el fin de emparejar un elemento de medición de magnitud de deformación unitaria 20. Se llevó a cabo en este estado una conformación por troquelado, y se midió una deformación unitaria de cizalla del elemento de medición de magnitud de deformación unitaria 20 por deslizamiento de la placa de acero y la placa plana anteriormente descrita, con lo que se calculó la fuerza de rozamiento. En la Figura 24 se muestra una vista ampliada de la zona de las proximidades de la posición de montaje del elemento de medición de magnitud de deformación unitaria 20 de la Figura 23.

Para el cálculo de la fuerza de rozamiento en el Ejemplo comparativo 10, se utilizó la siguiente expresión aritmética.

$$F_{roz} = (9 \times 10^{-3}) \times \text{Deformación unitaria (s)} \times \text{BHF}$$

$F_{roz}$ : fuerza de rozamiento [N] que se produce en el momento del deslizamiento

Deformación unitaria (s): el valor promedio de las magnitudes de deformación unitaria suministradas como salida desde los ocho medios de medición de magnitud de deformación unitaria en la posición de carrera  $S = dr + dp + t$

(dr: hombro R de la matriz, dp: hombro R del punzón, t: espesor de la placa del material que se ha de trabajar)

BHF : fuerza de soporte de la pieza de partida ("blank holding force") [N]

Las condiciones de conformación en el dispositivo de conformación por troquelado mostrado en la Figura 23 que se utilizó para el Ejemplo comparativo 10 eran las mismas condiciones que las del Ejemplo 10, a excepción de que la estructura según se ha descrito anteriormente se instaló como sustituto de los medios de medición de magnitud de deformación unitaria 8 de la presente invención.

A la hora de la conformación por troquelado, el coeficiente de rozamiento en el momento del deslizamiento se modificó intencionadamente mediante el uso, como aceite de troquelado, de tres clases de aceites que eran un aceite de alta viscosidad (200 cSt [centistokes]), un aceite ordinario de troquelado (20 cSt) y un aceite de baja viscosidad (5 cSt).

La Tabla 11 muestra una comparación entre los resultados del cálculo del coeficiente de rozamiento en el Ejemplo 10 de la presente invención y en el Ejemplo comparativo 10.

Tabla 11

	ACEITE DE ALTA VISCOSIDAD (200 cSt)	ACEITE ORDINARIO DE TROQUELADO (20 cSt)	ACEITE DE BAJA VISCOSIDAD (5 cSt)
EJEMPLO 10	1,29	1,51	1,85
EJEMPLO COMPARATIVO 10	1,53	1,52	1,83

A partir del resultado de la Tabla 11, cuando se utilizaron el aceite de baja viscosidad y el aceite ordinario de troquelado, no se observó una gran diferencia entre el Ejemplo 10 de la presente invención y el Ejemplo comparativo 10. En este caso, se entiende que tanto el Ejemplo 10 de la presente invención como el Ejemplo comparativo 10 pueden medir el cambio en el coeficiente de rozamiento debido a la diferencia en el aceite lubricante.

Sin embargo, cuando se utilizó el aceite de alta viscosidad, se observó una gran diferencia entre el Ejemplo 10 de la presente invención y el Ejemplo comparativo 10.

Si bien en el Ejemplo 10 de la presente invención, el cambio en el coeficiente de rozamiento debido a la diferencia en el aceite lubricante que supone el aceite de alta viscosidad y el aceite ordinario de troquelado, fue susceptible de ser medido, el cambio en el coeficiente de rozamiento no fue susceptible de ser medido en el Ejemplo comparativo 10.

En el Ejemplo comparativo 10, como sustituto de los medios de medición de magnitud de deformación unitaria 8, la placa plana 21 y el soporte 4 de la pieza de partida, o la placa plana 21 y la matriz 7, o bien la placa plana 21 y el punzón 2, se sujetaron con los pernos de sujeción 22 con el fin de emparejar el elemento de medición de magnitud de deformación unitaria 20. Sin embargo, el perno de sujeción 22 tiene una púa de retención en la dirección de cizalla. Cuando se mide una fuerza de rozamiento dentro de un intervalo de cargas muy pequeño mediante la medición de la deformación unitaria de cizalla del elemento de medición de magnitud de deformación unitaria 20, la influencia de la púa de retención en la dirección de cizalla del perno de sujeción 22 es importante, y la medición

resulta difícil.

5 El método para medir una fuerza de rozamiento mediante la instalación de alguna estructura en el exterior de la matriz 4 de soporte de la pieza de partida y la matriz 7 como en el Ejemplo comparativo 10, no mide directamente las deformaciones unitarias de herramienta del soporte 4 de la pieza de partida y la matriz 7. El resultado de la medición equivalente a las deformaciones unitarias de herramienta del soporte 4 de la pieza de partida y la matriz 7, no puede ser obtenido, en ocasiones, debido a la influencia de la púa de retención del perno de sujeción 22 y otros elementos similares, como en el Ejemplo comparativo 10.

10 Por otra parte, en el Ejemplo 10 de la presente invención, los medios de medición de magnitud de deformación unitaria 8 fueron ajustados por presión mediante la aplicación de la fuerza axial cuando fueron instalados los medios de medición de magnitud de deformación unitaria 8, por lo que la púa de retención no llegó a ser un problema como en el Ejemplo comparativo 10, y las deformaciones unitarias de herramienta del soporte 4 de la pieza de partida y de la matriz 7 pueden ser medidas directamente. Es decir, la situación en la que no puede obtenerse el resultado de medición equivalente a las deformaciones unitarias de herramienta del soporte 4 de la pieza de partida y de la matriz 7 debido a la influencia de la púa de retención del perno de sujeción 22 o de un elemento similar, no ocurre como en  
15 el Ejemplo comparativo 10.

Es concebible por lo anterior que sea posible, llevando a cabo la presente invención, la medición del coeficiente de rozamiento con una alta precisión.

20 Como se ha descrito en lo anterior, de acuerdo con la presente invención, puede proporcionarse el dispositivo de conformación por troquelado que es capaz de controlar una deformación unitaria de herramienta en el momento de la conformación por troquelado, y tiene una elevada precisión y una gran aplicabilidad.

**REIVINDICACIONES**

1.- Un dispositivo de conformación por troquelado que comprende:

un punzón (2);

una matriz (7), que se mueve relativamente con respecto a dicho punzón (2);

5 una unidad de medición de magnitud de deformación unitaria (8), proporcionada en el interior de un miembro que se ha de controlar y configurada para medir una magnitud de deformación unitaria de dicho miembro que se ha de controlar, que se produce de acuerdo con una conformación por troquelado, cuando al menos uno cualquiera de entre dicho punzón (2) y dicha matriz (7) se hace dicho miembro que se ha de controlar; y

10 un dispositivo de cálculo de fuerza de rozamiento (11), configurado para calcular una fuerza de rozamiento que se produce en el momento de hacer deslizar dicho miembro que se ha de controlar y dicho material que se ha de trabajar, basándose en la magnitud de deformación unitaria medida por dicha unidad de medición de magnitud de deformación unitaria (8), caracterizado por que el dispositivo de conformación por troquelado comprende, adicionalmente, un primer dispositivo de cálculo de magnitud de restitución elástica (12), configurado para calcular una magnitud de restitución elástica de una forma de producto conformado basándose en la fuerza de rozamiento  
15 calculada por dicho dispositivo de cálculo de fuerza de rozamiento (11).

2.- Un dispositivo de conformación por troquelado que comprende:

un punzón (2);

una matriz (7), que se mueve relativamente con respecto a dicho punzón (2);

20 un soporte (4) de pieza de partida, que aplica una fuerza de soporte de pieza de partida a un material que se ha de trabajar;

25 una unidad de medición de magnitud de deformación unitaria (8), proporcionada en el interior de un miembro que se ha de controlar y configurada para medir una magnitud de deformación unitaria de dicho miembro que se ha de controlar, que se produce de acuerdo con una conformación por troquelado, cuando al menos uno cualquiera de entre dicho punzón (2), dicha matriz y dicho soporte (4) de pieza de partida se hace dicho miembro que se ha de controlar; y

30 un dispositivo de cálculo de fuerza de rozamiento (11), configurado para calcular una fuerza de rozamiento que se produce en el momento de hacer deslizar dicho miembro que se ha de controlar y dicho material que se ha de trabajar, basándose en la magnitud de deformación unitaria medida por dicha unidad de medición de magnitud de deformación unitaria (8), caracterizado por que el dispositivo de conformación por troquelado comprende, adicionalmente, un primer dispositivo de cálculo de magnitud de restitución elástica (12), configurado para calcular una magnitud de restitución elástica de una forma de producto conformado basándose en la fuerza de rozamiento  
calculada por dicho dispositivo de cálculo de fuerza de rozamiento (11).

3.- El dispositivo de conformación por troquelado de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 2, que comprende, adicionalmente:

35 un controlador (9) de magnitud de deformación unitaria, proporcionado dentro de dicho miembro que se ha de controlar y configurado para controlar una magnitud de deformación unitaria de dicho miembro que se ha de controlar, que se produce de acuerdo con una conformación por troquelado.

40 4.- El dispositivo de conformación por troquelado de acuerdo con la reivindicación 3, en el cual dicho controlador de magnitud de deformación unitaria (9) se ha configurado para controlar una magnitud de accionamiento de dicho miembro que se ha de controlar de manera tal, que la magnitud de deformación unitaria medida por dicha unidad de medición de magnitud de deformación unitaria (8) se encuentra dentro de un intervalo predeterminado durante la conformación.

5.- El dispositivo de conformación por troquelado de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el cual dicha unidad de medición de magnitud de deformación unitaria (8) es un sensor piezoeléctrico.

45 6.- El dispositivo de conformación por troquelado de acuerdo con la reivindicación 3 o la reivindicación 4, en el cual dicho controlador de magnitud de deformación unitaria (9) es un dispositivo de accionamiento piezoeléctrico.

FIG. 1

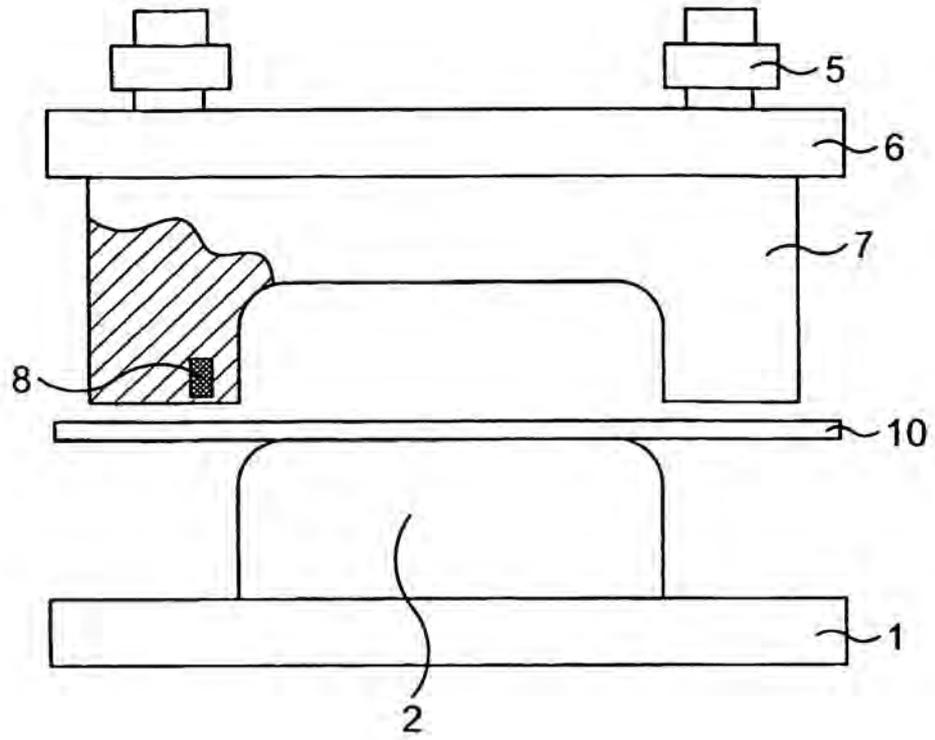


FIG. 2A

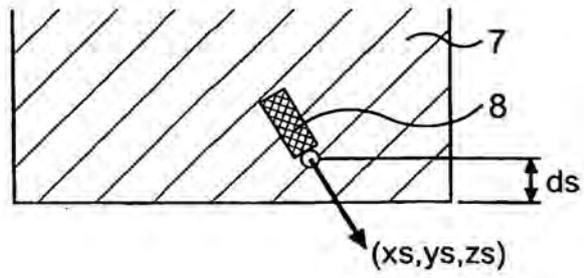


FIG. 2B

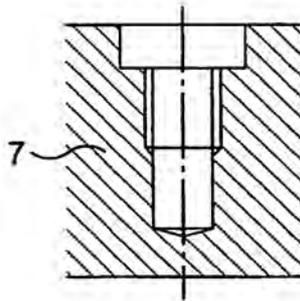


FIG. 2C

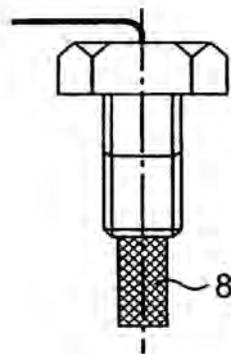


FIG. 3

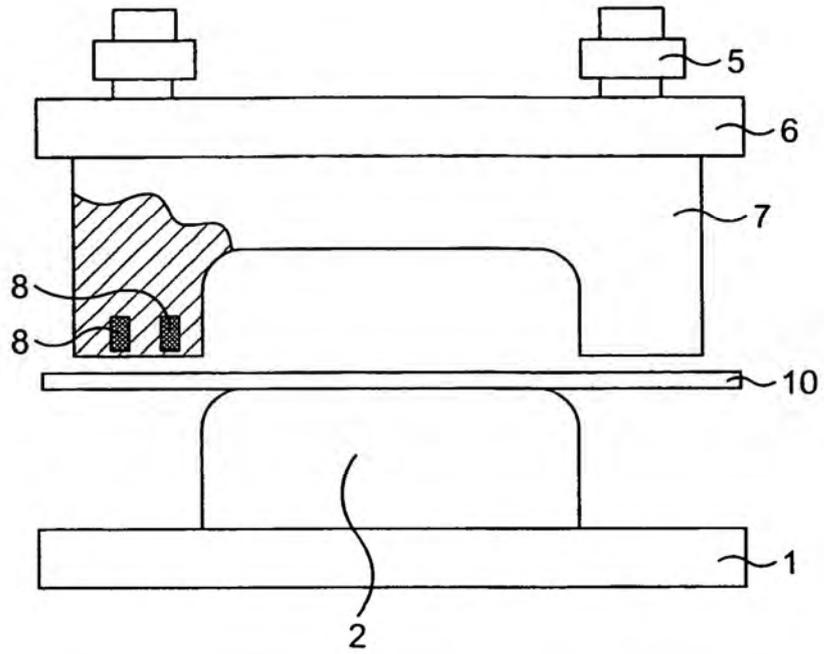


FIG. 4

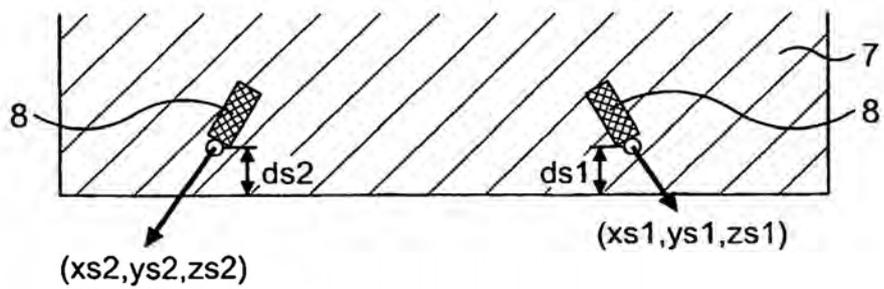


FIG. 5

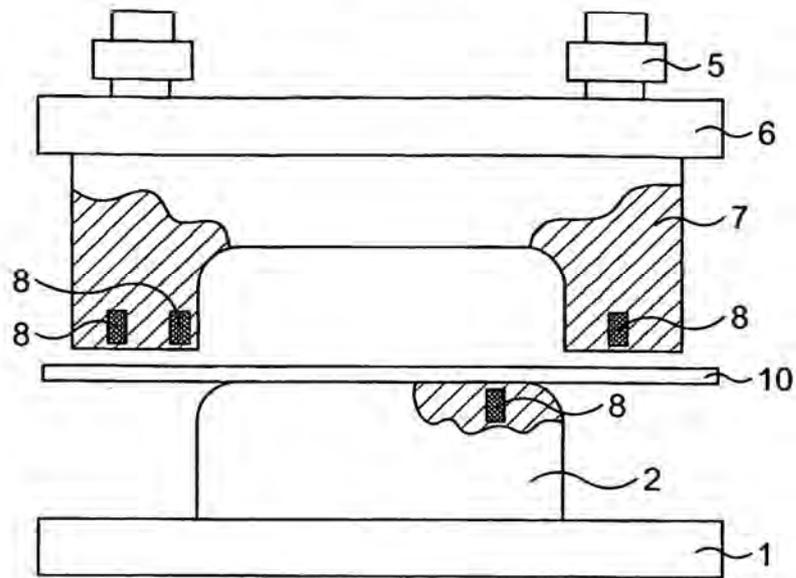


FIG. 6

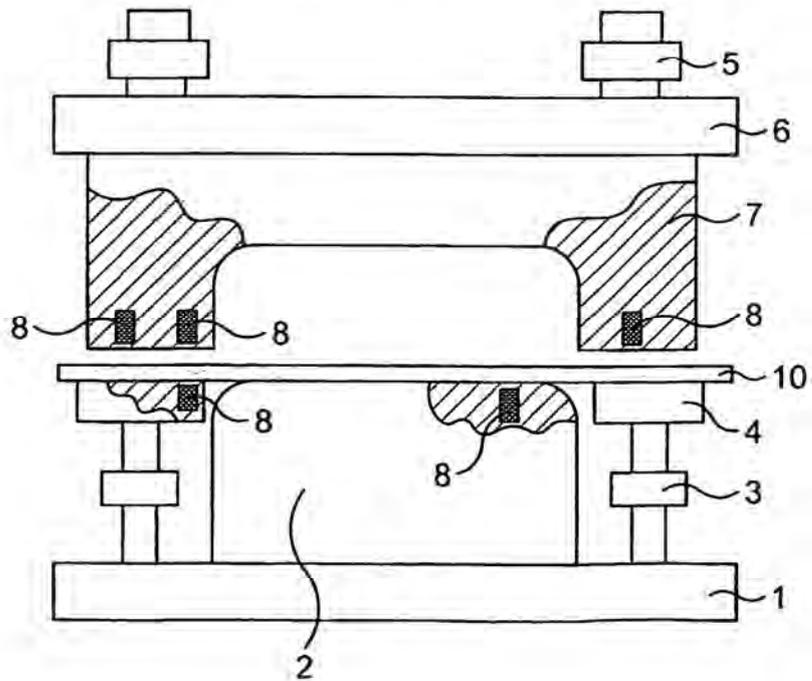


FIG. 7

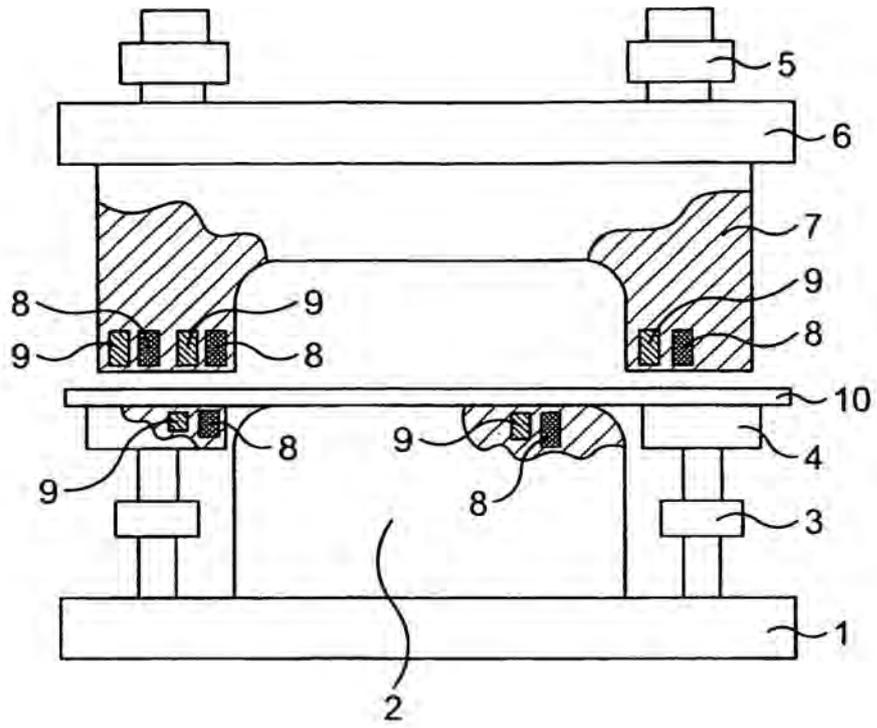


FIG. 8

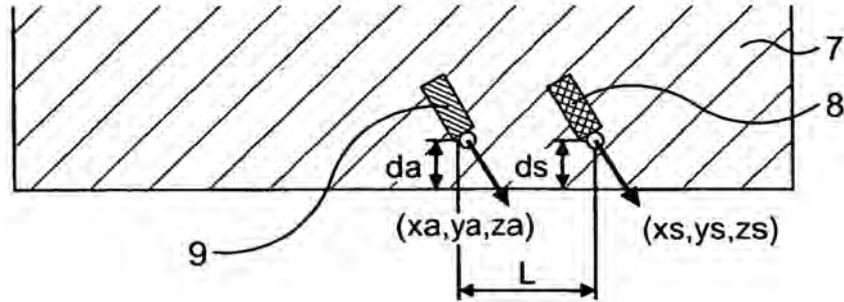


FIG. 9

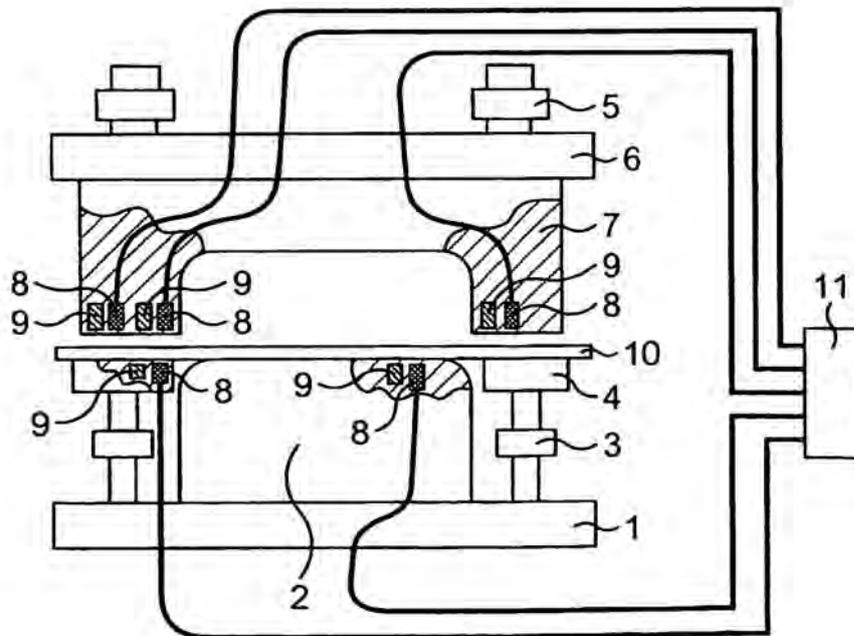


FIG. 10

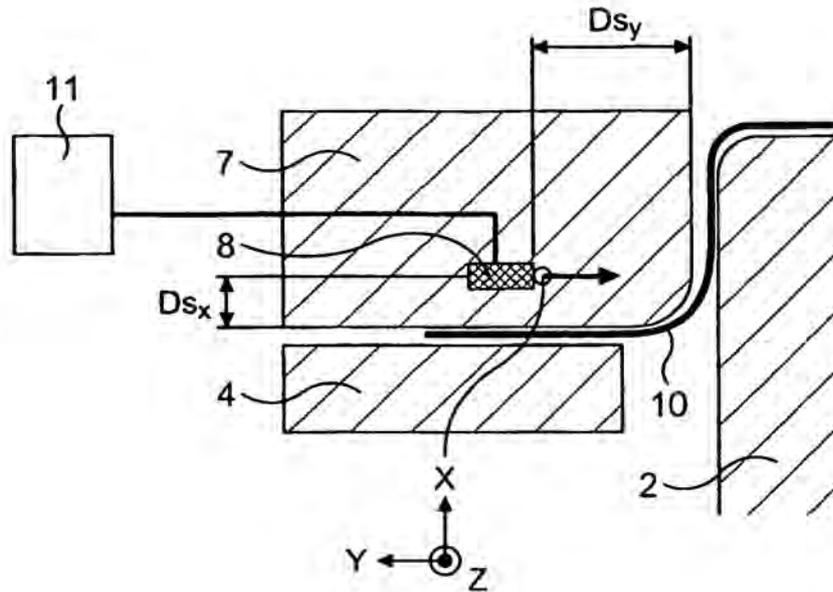


FIG. 11

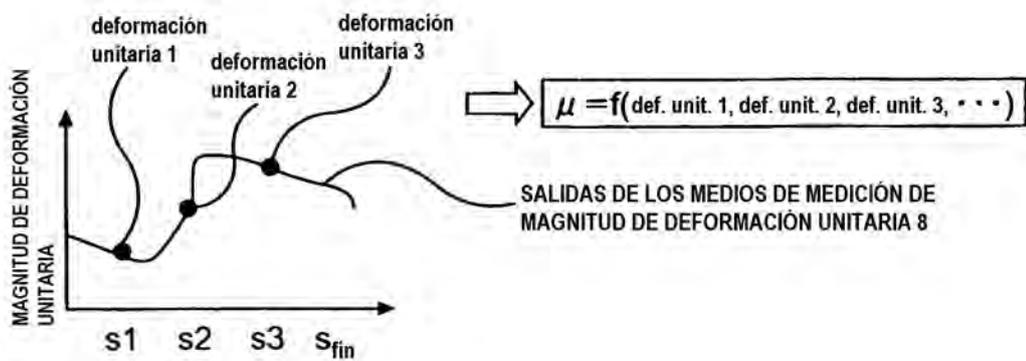


FIG. 12

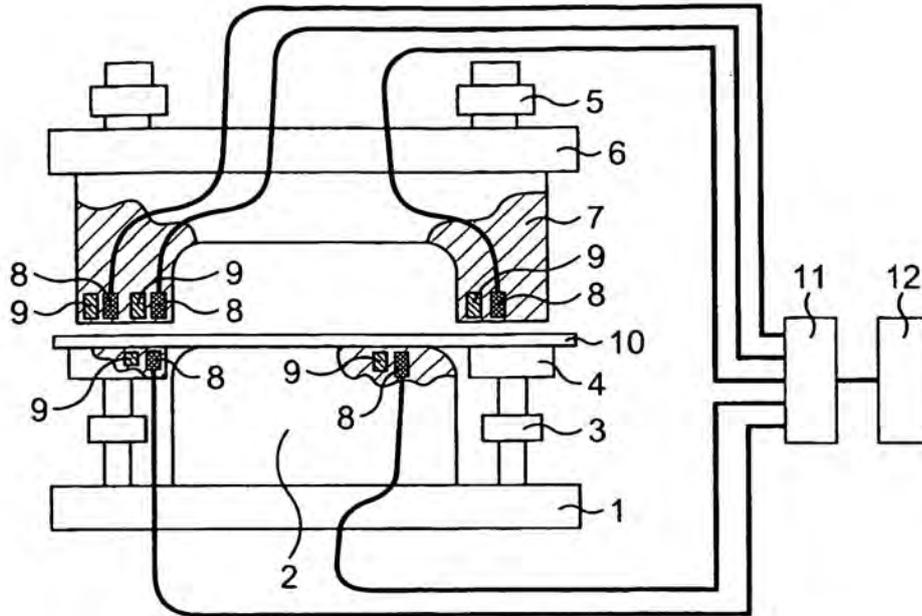


FIG. 13

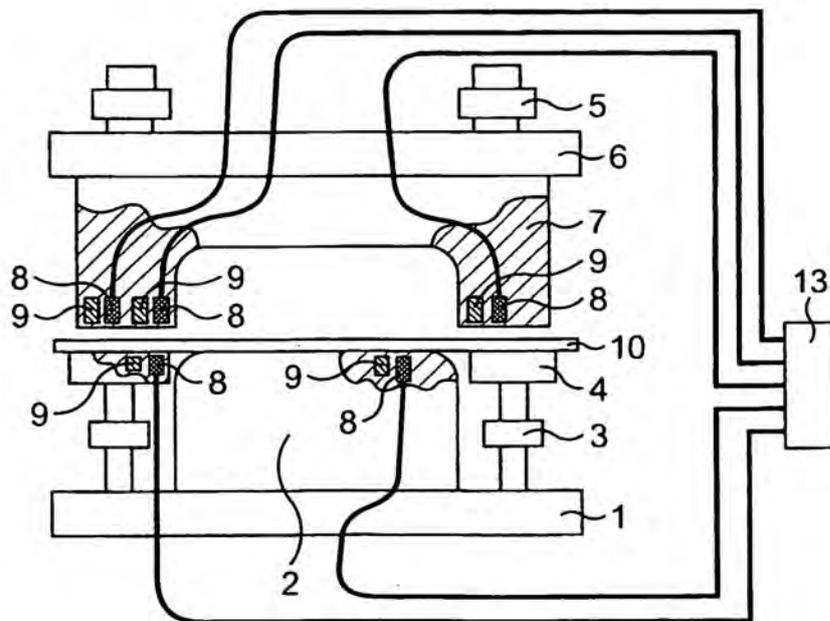


FIG. 14

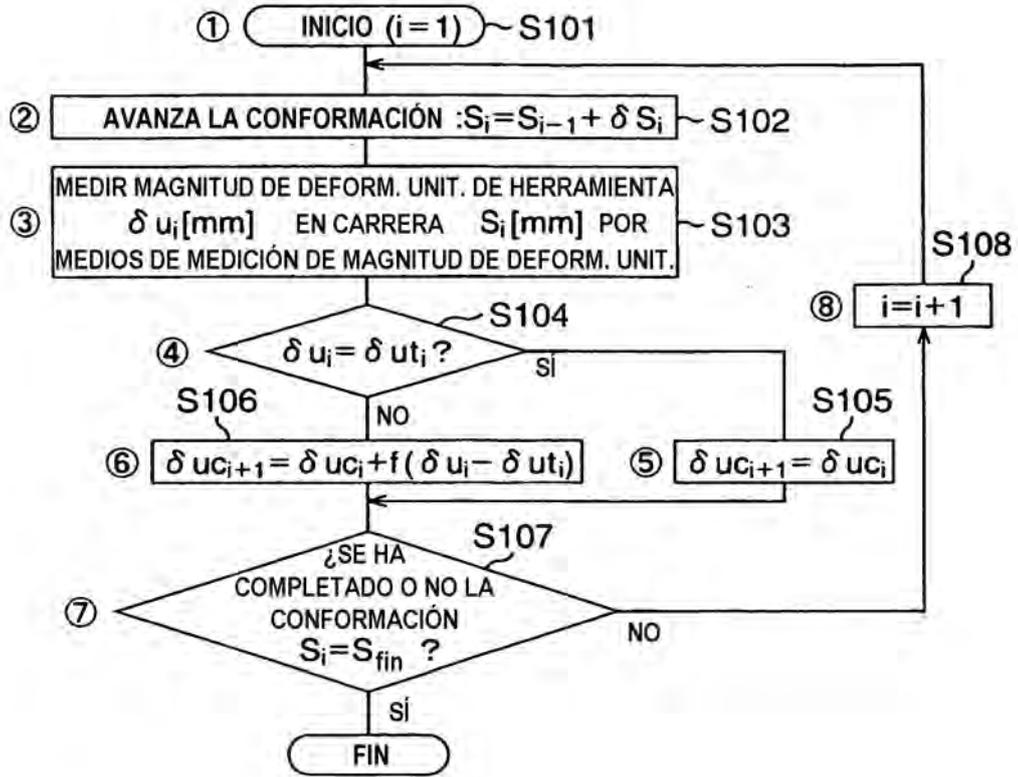


FIG. 15

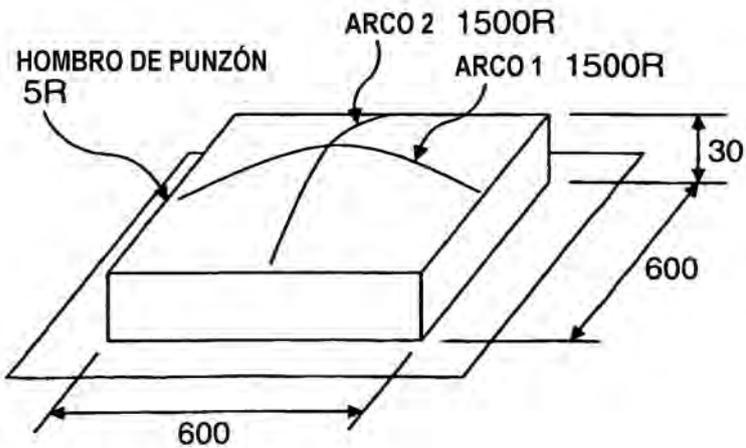


FIG. 16

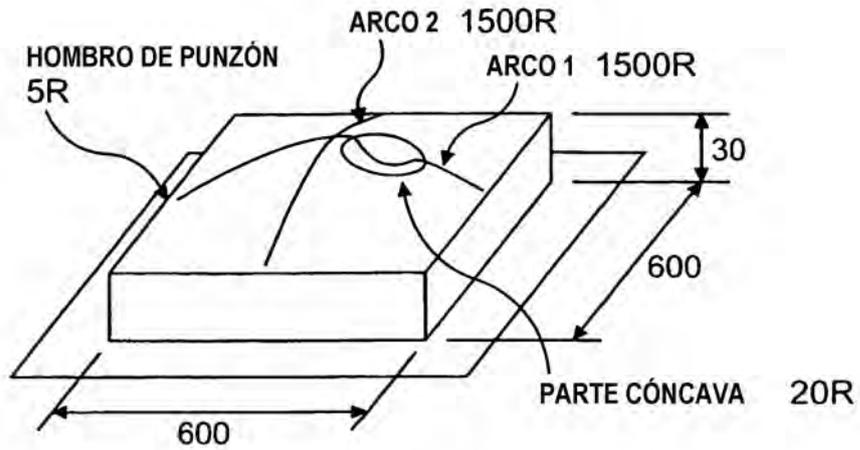


FIG. 17

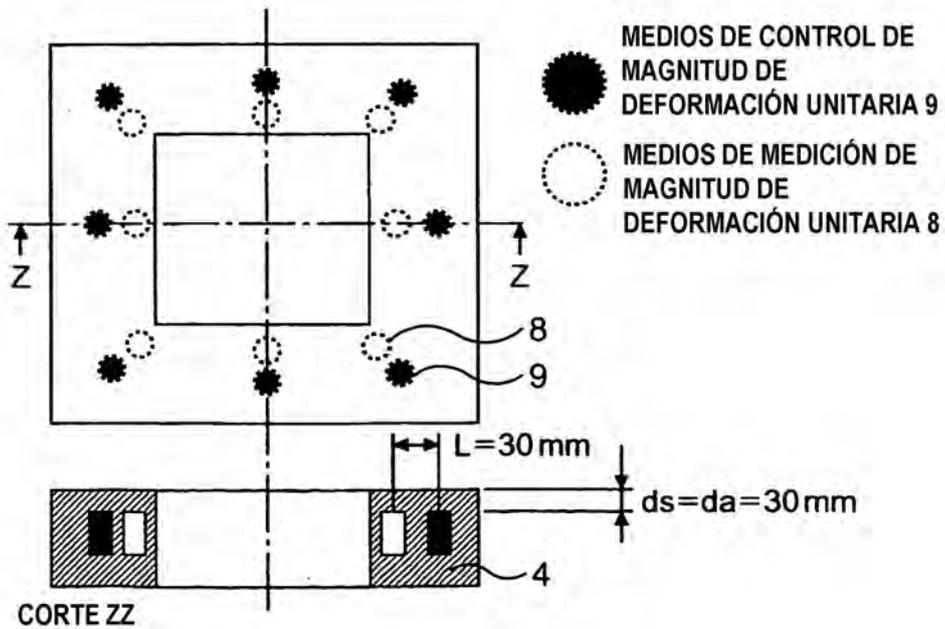


FIG. 18

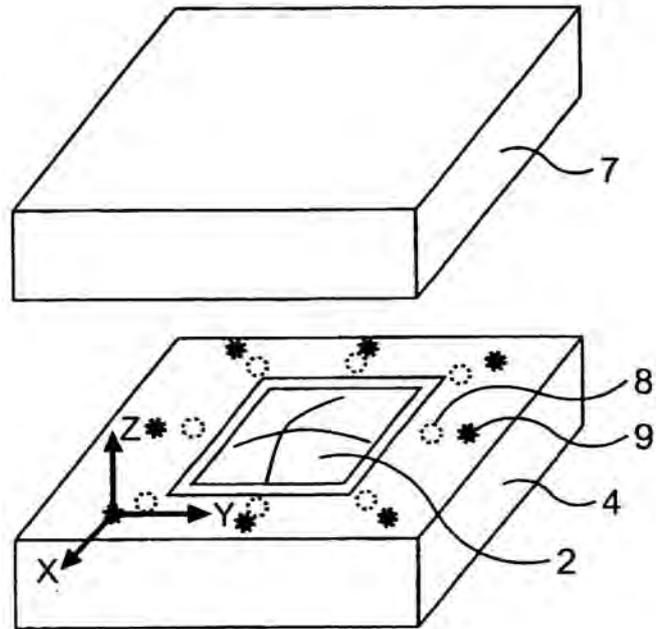


FIG. 19

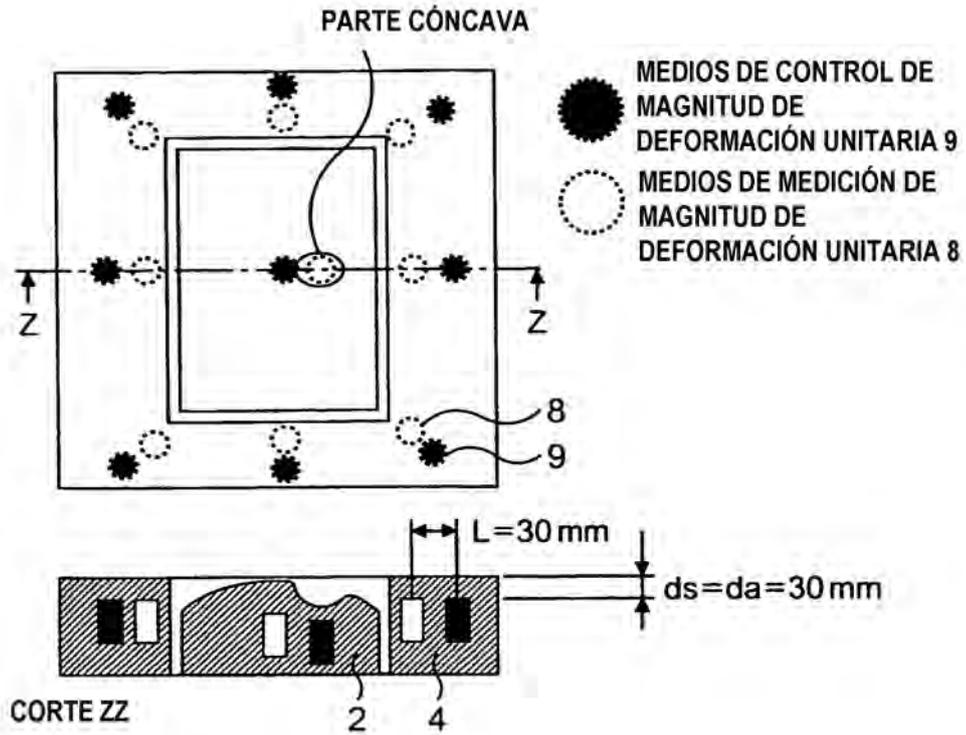


FIG. 20

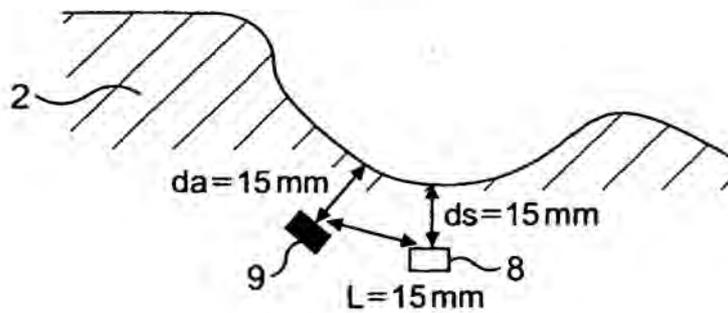


FIG. 21

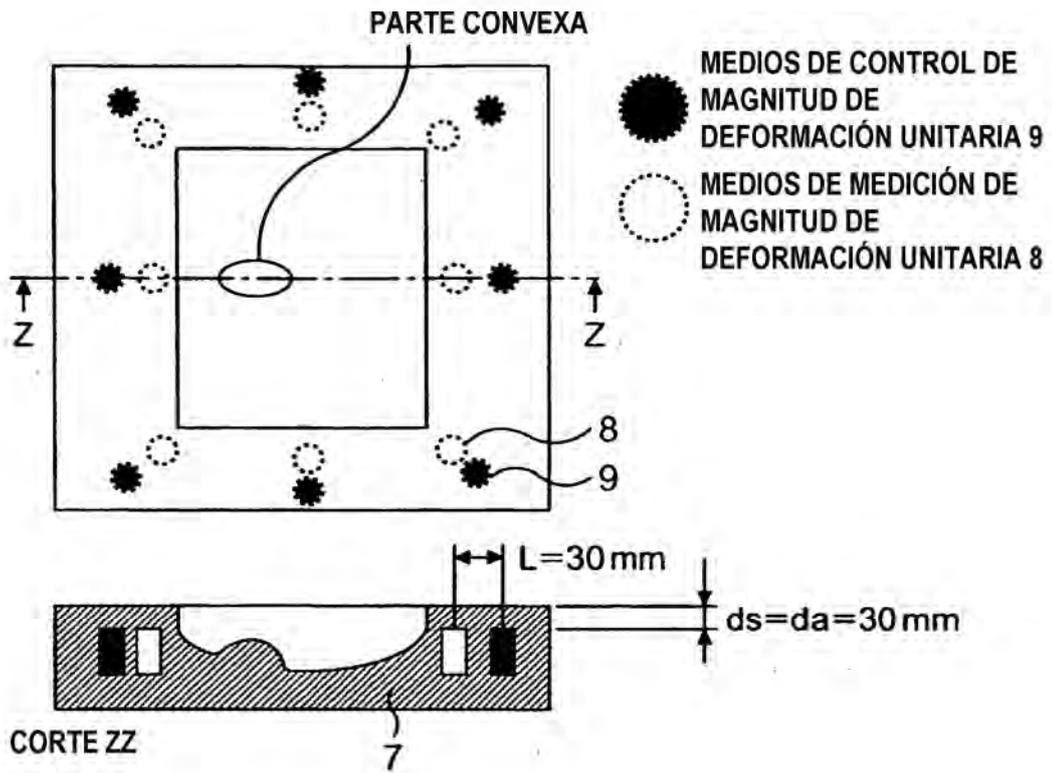


FIG. 22

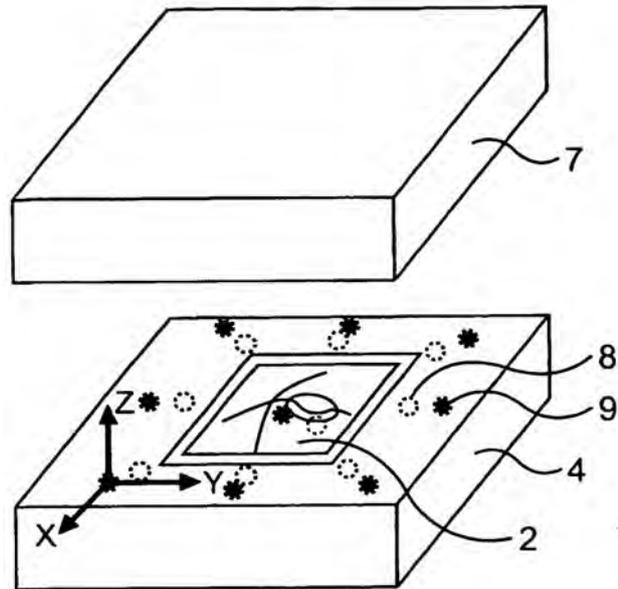


FIG. 23

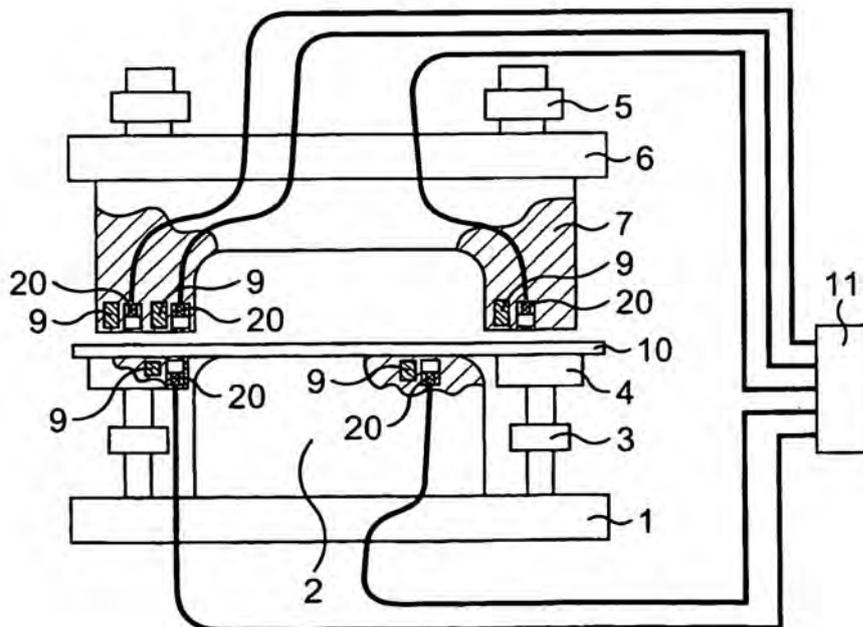


FIG. 24

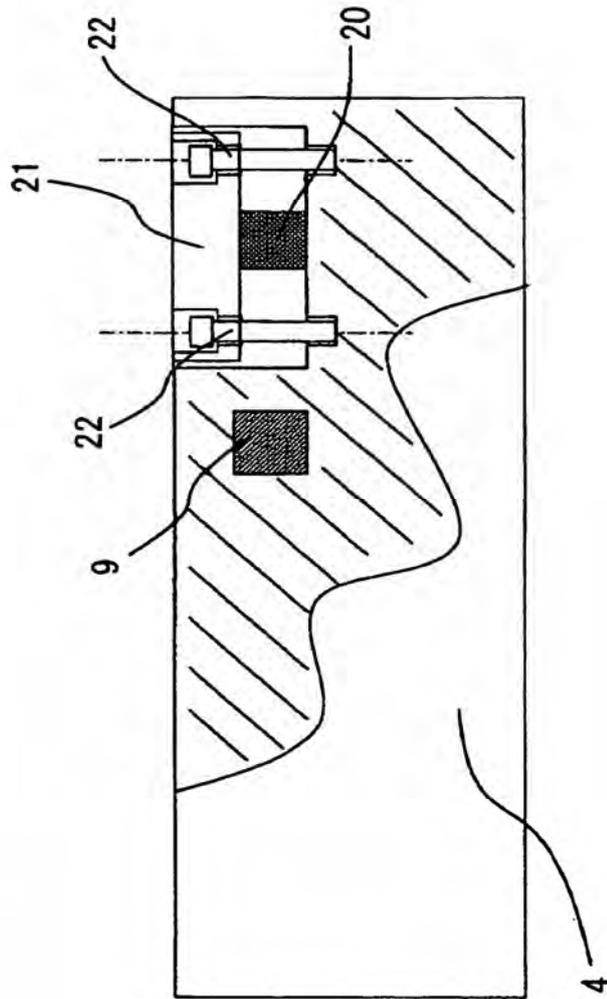


FIG. 25

