

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 586 177**

51 Int. Cl.:

B21J 5/08 (2006.01)

B21K 1/30 (2006.01)

F16H 55/17 (2006.01)

B21J 5/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.07.2009 E 09802861 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.05.2016 EP 2322299**

54 Título: **Método de procesamiento de ampliación de una pieza de trabajo**

30 Prioridad:

31.07.2008 JP 2008197705

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

13.10.2016

73 Titular/es:

**NETUREN CO., LTD. (50.0%)
17-1, Higashigotanda 2-chome Shinagawa-ku
Tokyo 141-8639, JP y
OKABE, NAGATOSHI (50.0%)**

72 Inventor/es:

**OKABE, NAGATOSHI y
YAMASHITA, EIJI**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 586 177 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Método de procesamiento de ampliación de una pieza de trabajo

CAMPO TÉCNICO

5 La presente invención se refiere a un método de ampliación para deformar y ampliar una porción de una pieza de trabajo hecha de un material plástico y que tiene un eje, más específicamente, una porción de una superficie exterior de la pieza de trabajo.

ANTECEDENTES DE LA TÉCNICA

10 Como un método para proporcionar un elemento de árbol hecho de un material metálico tal como un material plástico con una configuración escalonada deseada, se conoce un trabajo de ampliación de árbol, además de métodos tales como corte, prensado o forjado en matriz (véase, por ejemplo, el Documento de Patente 1). De acuerdo con el método de trabajo descrito en el Documento de Patente 1, mientras un elemento de árbol gira, se aplica flexión al elemento de árbol mientras se aplica una fuerza de compresión al elemento de árbol en su dirección axial. La fuerza de compresión y la flexión de deformación plástica, es decir, ampliar una porción de una superficie circunferencial exterior del elemento de árbol para formar la porción de la superficie circunferencial exterior en una porción ampliada.

15 De acuerdo con este método de ampliación, a diferencia del corte, no se generan virutas, y el tiempo de mecanizado se reduce notablemente. Además, en comparación con una máquina de trabajo para la ejecución de la presión o la forja de troquel, una máquina de trabajo para ejecutar el método de ampliación puede reducirse en tamaño y se puede reducir la carga de trabajo. Por lo tanto, se llama la atención sobre el método de ampliación en los últimos años.

DOCUMENTOS DE LA TÉCNICA ANTERIOR

Documento de patente

Documento de Patente 1: Solicitud de patente japonesa nº.3788751

SUMARIO DE LA INVENCION

25 PROBLEMA QUE RESUELVE LA INVENCION

30 El método de ampliación del Documento de Patente 1 se basa en la lógica mecanicista de trabajo plástico. Más específicamente, la porción de árbol se dobla en un ángulo de flexión de 3° a 6° con respecto a un eje del mismo, mientras que el elemento de árbol está girando, y esta flexión repetitiva añade tensión de flexión de rotación al elemento de árbol. En consecuencia, el método de ampliación del Documento de Patente 1 utiliza la tensión de flexión de rotación como una fuerza impulsora para el proceso de ampliación y produce una deformación plástica gradual en el elemento de árbol para ampliar una porción del elemento de árbol.

35 En el caso del método de ampliación del Documento de Patente 1, sin embargo, la fuerza de compresión aplicada en la dirección axial del elemento de árbol es tan pequeña como para simplemente compensar una contracción axial del elemento de árbol como resultado de la ampliación del elemento de árbol, y más específicamente, es menor que la resistencia a la tracción inicial de la pieza de trabajo. Por lo tanto, cuando el elemento de árbol se dobla más que el ángulo de flexión descrito anteriormente durante el proceso de ampliación, la porción del elemento de árbol que recibe la flexión se desvía en gran medida desde el eje original del elemento de árbol, que es probable que resulte en un pandeo en el elemento de árbol, y es difícil de fabricar de forma estable una porción ampliada en el elemento de árbol.

40 Es un objeto de la presente invención proporcionar un método de ampliación de una pieza de trabajo que puede formar de manera estable una porción ampliada de una pieza de trabajo sin causar un pandeo de la pieza de trabajo, requiere menos energía para descomponer (o disipar) la energía interior, y puede evitar daños por fatiga de la pieza de trabajo de manera fiable durante el trabajo.

MEDIOS PARA RESOLVER EL PROBLEMA

45 Para lograr el objeto, la presente invención proporciona un método de ampliación para generar una deformación de ampliación plástica de una superficie exterior de una pieza de trabajo hecha de un material plásticamente deformable, incluyendo la pieza de trabajo un eje y un área destinada a una ampliación no restringida en la

superficie exterior de la misma. Más específicamente, el método de acuerdo con la presente invención incluye sujetar la pieza de trabajo, y aplicar, en una dirección transversal que intersecta el eje, alternando energía que deforma la pieza de trabajo dentro de un límite elástico de la misma mientras se aplica una energía de compresión que produce, en la pieza de trabajo, una tensión de compresión igual o mayor que una resistencia a la tracción inicial para aumentar la energía interna de la pieza de trabajo, con lo cual la energía alterna deforma plásticamente y amplía el área destinada a la ampliación mientras descompone/disipa y consume una porción de la energía interna aumentada por la energía de compresión.

De acuerdo con el método de la presente invención descrito anteriormente, la energía alterna meramente agrega una tensión repetitiva que causa una deformación elástica de la pieza de trabajo en la dirección transversal de la pieza de trabajo. Sin embargo, la tensión repetitiva es suficiente para descomponer (o disipar) eficazmente la energía interna de la pieza de trabajo, que se incrementa como resultado de la aplicación de la energía de compresión. Por lo tanto, la porción de la energía descompuesta (o disipada) obtenida a partir de la descomposición (o disipación) de la energía interna se consume mientras se genera un flujo plástico en el material plástico que forma la pieza de trabajo, con lo cual se genera la deformación de ampliación plástica en el área destinada a la ampliación de la pieza de trabajo que está en la condición no restringida.

Más específicamente, la tensión repetitiva se convierte en la más grande en el centro del árbol de la pieza de trabajo y se hace cero en una circunferencia exterior de la pieza de trabajo. Por lo tanto, la energía interna se descompone (o se disipa) en el centro del árbol de la pieza de trabajo y el flujo plástico descrito anteriormente es inducido desde el centro del árbol de la pieza de trabajo. En consecuencia, mientras se mantiene la aplicación de la energía de compresión y la energía alterna a la pieza de trabajo, se realiza gradualmente la deformación de la ampliación y de forma fiable en el área destinada a la ampliación sobre la base de un denominado fenómeno de trinquete mecánico mientras se consume la energía descompuesta (o disipada) obtenida como resultado de la descomposición (o disipación) de la energía interna, es decir, con la ayuda de la energía descompuesta (o disipada). Como resultado, el área destinada a la ampliación de la pieza de trabajo se forma en una porción ampliada deseada.

Más específicamente, la energía de compresión es la fuerza de compresión que comprime la pieza de trabajo, ya sea en una dirección axial o en una dirección radial de la misma, y se aplica la energía alterna, en una sección transversal de la pieza de trabajo, como energía de cizalladura alterna por unidad de volumen. La energía alterna de cizalladura produce una tensión de cizallamiento repetitiva en la pieza de trabajo mediante el desplazamiento forzado de una porción de extremo de la pieza de trabajo colocada en un lado del área destinada a la ampliación en la dirección axial de la pieza de trabajo, o se produce mediante la aplicación de par de torsión de impacto alterno a la pieza de trabajo.

Además, cuando la pieza de trabajo es un elemento tubular hueco, la energía alterna también se puede producir mediante energía acústica. Más específicamente, con un extremo de la pieza de trabajo cerrado, las ondas ultrasónicas se introducen en la pieza de trabajo desde el otro extremo de la pieza de trabajo. Mientras tanto, cuando se deforma y se amplía el área de destinada a la ampliación, se puede utilizar un elemento de restricción de forma exterior. Este elemento de restricción de forma exterior está dispuesto para rodear el área destinada a la ampliación, y una configuración de superficie interior de este elemento de restricción de forma exterior define una configuración periférica exterior de una porción ampliada obtenida mediante la ampliación del área destinada a la ampliación. Por ejemplo, el elemento de restricción de forma exterior puede ser utilizado para formar la porción ampliada como un engranaje cónico. Además, el elemento de restricción de forma exterior puede estar unido integralmente a la porción ampliada, y en este caso, la porción ampliada está conectado al elemento de restricción de forma exterior por un ajuste de fuerza, es decir, ajuste de ampliación.

Los métodos detallados para el desplazamiento forzado de la porción de extremo de la pieza de trabajo serán evidentes a partir de los dibujos adjuntos y de las realizaciones de la invención que se describirán a continuación.

45 EFECTOS VENTAJOSOS DE LA INVENCION

El método de ampliación de la presente invención deforma y amplía el área destinada a la ampliación de la pieza de trabajo de forma estable mediante la aplicación, a la pieza de trabajo sujeta, la energía de compresión que produce la tensión de compresión igual o mayor que la resistencia a la tracción inicial y la energía alterna en la dirección transversal de la pieza de trabajo, que deforma la pieza de trabajo dentro del límite elástico del mismo. Según la presente invención, no es necesario aplicar energía alterna excesiva a la pieza de trabajo y, por lo tanto, no existe tal situación que se genera una distorsión de pandeo o daños de fatiga en la pieza de trabajo durante el proceso de ampliación, por lo que es posible formar de forma fiable la porción ampliada deseada en la pieza de trabajo.

Además, puesto que una porción de la energía interna aumentada dentro de la pieza de trabajo se utiliza para formar la porción ampliada, la energía alterna requerida para proceder con la deformación de ampliación y el calor producido en asociación con la deformación de ampliación pueden reducirse, de manera que se suprime de manera efectiva un aumento de la temperatura de la pieza de trabajo. Como resultado, de acuerdo con el método de ampliación de la presente invención, el proceso de ampliación puede realizarse mientras se evita una alteración

térmica de la pieza de trabajo, tal como fragilidad azul sin enfriar la pieza de trabajo, con lo que se mejora en gran medida la capacidad de trabajo del proceso de ampliación.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

- 5 La figura 1 es un diagrama para explicar esquemáticamente un mecanismo de un método de ampliación de la presente invención.
- La figura 2 es una vista esquemática de una máquina de trabajo para la ejecución de un método de ampliación de una primera realización, en la que (A) ilustra un estado de la máquina de trabajo antes de trabajar una pieza de trabajo, y (B) ilustra un estado de la máquina de trabajo en el proceso de trabajo de la pieza de trabajo.
- 10 La figura 3 muestra estados de la pieza de trabajo mientras se está trabajando, en el que (A) es un gráfico que muestra una relación entre el número de rotaciones de la pieza de trabajo y una tasa de ampliación de la pieza de trabajo, (B) es un gráfico que muestra una relación entre una constante de tiempo de rotación y la velocidad de ampliación, y (C) es un gráfico que muestra una relación entre la tensión de compresión y la constante de tiempo de rotación de la pieza de trabajo.
- 15 La figura 4 es una vista lateral que muestra una parte de una máquina de trabajo para la ejecución de un método de ampliación de una segunda realización, es decir, un elemento de sujeción para sujetar un extremo de una pieza de trabajo.
- La figura 5 es una vista en planta que muestra un soporte de manguito dentro de un elemento giratorio que sujeta el otro extremo de la pieza de trabajo de la figura 4.
- 20 La figura 6 es una vista en sección transversal del soporte de manguito tomada a lo largo de la línea VI-VI de la figura 5.
- La figura 7 es un dibujo en diagrama que muestra una excentricidad del soporte de manguito con respecto al elemento giratorio.
- La figura 8 ilustra una máquina de trabajo para la ejecución de un método de ampliación de una tercera realización, en la que (A) ilustra un estado de la máquina de trabajo antes de trabajar una pieza de trabajo y (B) ilustra un estado de la máquina de trabajo en el proceso de trabajo de la pieza de trabajo.
- 25 La figura 9 ilustra una máquina de trabajo para la ejecución de un método de ampliación de una cuarta realización, en la que (A) ilustra un estado de la máquina de trabajo antes de trabajar una pieza de trabajo y (B) ilustra un estado de la máquina de trabajo que completó el trabajo de la pieza de trabajo.
- La figura 10 es un diagrama que muestra un mecanismo para hacer girar un elemento de accionamiento de la figura 8 de manera alternativa.
- 30 La figura 11 es un diagrama que muestra una cara de extremo de un elemento de recepción de la figura 8.
- La figura 12 es un diagrama que muestra un mecanismo para aplicar un par de torsión de impacto a una pieza de trabajo en lugar del mecanismo de la figura 9 para ejecutar un método de ampliación de una quinta realización.
- La figura 13 es un diagrama esquemático de una máquina de trabajo para la ejecución de un método de ampliación de una sexta realización.
- 35 La figura 14 es un diagrama esquemático de una máquina de trabajo para la ejecución de un método de ampliación de una séptima realización.
- La figura 15 es un diagrama esquemático de una máquina de ampliación para la ejecución de un método de ampliación de una octava realización.
- 40 La figura 16 es un diagrama que muestra un ejemplo de un elemento de restricción de forma exterior utilizado en la máquina de trabajo de la figura 15.
- La figura 17 es una vista en perspectiva que muestra un engranaje cónico formado como una porción ampliada.

REALIZACIONES DE LA INVENCION

- 45 En la figura 1, una pieza de trabajo W se muestra como un elemento de árbol hecho de un material plástico, más específicamente, un material de metal. Un método de ampliación de la invención se realiza mediante el aumento de la energía interna en la pieza de trabajo W mediante la aplicación de una tensión de compresión igual o mayor que un resistencia a la rotura inicial de la pieza de trabajo W a la pieza de trabajo W en forma de energía de compresión y la aplicación de energía alterna en una dirección transversal que interseca con un eje de la pieza de trabajo W, y la energía alterna aplica una tensión repetitiva dentro de un límite elástico de la pieza de trabajo W y se suprime en una extensión tal que la pieza de trabajo W se deforma. En la figura 1, la energía de compresión se representa mediante una fuerza de compresión que se aplica a la pieza de trabajo W en una dirección axial de la misma desde ambos extremos de la pieza de trabajo W.

- 55 Cuando se aplica la energía alterna en la dirección transversal de la pieza de trabajo W en repetidas ocasiones, se proporciona una tensión repetitiva dentro de una superficie en sección transversal de la pieza de trabajo. La tensión repetitiva descompone (o disipa) la energía interna de la pieza de trabajo W para producir así energía descompuesta (o disipada). Parte de la energía descompuesta (o disipada) se consume mientras se produce un flujo plástico en la pieza de trabajo.

Puesto que la tensión de flexión repetida se convierte en la más grande en un centro del árbol de la pieza de trabajo W y se hace cero en una circunferencia exterior de la pieza de trabajo W, el flujo plástico es inducido desde el centro

5 del árbol de la pieza de trabajo W. Por lo tanto, en caso de que la aplicación de la energía de compresión y la energía alterna a la pieza de trabajo W se mantenga y la pieza de trabajo tenga un área destinada a la ampliación (que corresponde a una superficie circunferencial exterior de una área axial completa de la pieza de trabajo W en el ejemplo mostrado en la figura 1), que está en un estado no restringido, el flujo plástico inducido desde el centro del árbol de la pieza de trabajo W se facilita con la ayuda de la energía descompuesta (o disipada) dentro del área destinada a la ampliación, y el área destinada a la ampliación se deforma y se amplía gradualmente, en base a un denominado fenómeno de trinquete mecánico.

10 (A) y (B) de la figura 2 muestran esquemáticamente una máquina de trabajo que ejecuta un método de ampliación de una primera realización. La máquina de trabajo incluye una línea de referencia X y un par de soportes de manguito 1, 2. Estos soportes de manguito 1, 2 están dispuestos en la línea de referencia X y están separados entre sí a lo largo de la línea de referencia X. El soporte de manguito 1 puede girar alrededor de la línea de referencia X y puede también inclinarse sobre la línea de referencia X, es decir, alrededor de un centro de inclinación O. Además, en la máquina de trabajo que se muestra en la figura 2, un ángulo de inclinación θ y el centro de inclinación O del soporte de manguito 1 con respecto a la línea de referencia X se pueden ajustar individualmente.

15 Por otra parte, el soporte de manguito 2 está soportado de forma giratoria alrededor de la línea de referencia X y se puede mover a lo largo de la línea de referencia X, es decir, se puede mover hacia y lejos del soporte de manguito 1. Además, el soporte de manguito 2 puede recibir una fuerza de presión determinada dirigida hacia el soporte de manguito 1. Los soportes de manguito 1, 2 tienen cada uno un orificio de manguito, y estos orificios de manguito pueden recibir porciones de extremo de la pieza de trabajo W en los extremos correspondientes. Ambos extremos de la pieza de trabajo W que son recibidos en los orificios de manguito están soportados por elementos de soporte 20 4, 5, y estos elementos de soporte 4, 5 están dispuestos en los correspondientes soportes de manguito 1, 2. Por lo tanto, la pieza de trabajo W se sujeta entre los elementos de soporte 4, 5 en un estado tal que un eje del mismo coincide con la línea de referencia X. En el caso de esta realización, la pieza de trabajo W es un elemento de árbol sólido hecho del material de metal.

25 (A) de la figura 2 muestra un estado inicial en el que la pieza de trabajo W se establece entre los soportes de manguito 1, 2, es decir, un estado antes de la ampliación de la pieza de trabajo W. De este modo, cuando la pieza de trabajo W está en el estado inicial, los soportes de manguito 1, 2 están separados por una distancia L_0 dada alejada entre sí a lo largo de la línea de referencia X. En este caso, un área destinada a la ampliación de la pieza de trabajo W se define por una superficie circunferencial exterior de la pieza de trabajo W que está expuesta desde los 30 soportes de manguito 1, 2 y está en un estado no restringido. Aunque el centro de inclinación O del soporte de manguito 1 está separado por una distancia dada desde el soporte de manguito 1 hacia un lado del soporte de manguito 2, existe el centro de inclinación O en el eje de la pieza de trabajo W dentro del área destinada a la ampliación.

35 Cuando se inicia una fuerza de presión que se aplica al soporte de manguito 2 desde el estado inicial, la pieza de trabajo W recibe energía de compresión, es decir, una fuerza de compresión en la dirección axial de la misma. La fuerza de compresión produce en la pieza de trabajo W una tensión de compresión igual o mayor que su resistencia a la rotura inicial, con lo que se aumenta la energía interna de la pieza de trabajo W. En caso de que el soporte de manguito 1 empiece a girar alrededor de la línea de referencia X mientras el soporte de manguito 1 empieza a inclinarse en el estado comprimido anterior, la pieza de trabajo W gira alrededor de su eje, junto con los soportes de 40 manguito 1, 2, mientras la pieza de trabajo W se dobla junto con el soporte de manguito 1 desde un centro de flexión que coincide con el centro de inclinación O. El ángulo de inclinación θ de la pieza de trabajo W se suprime, de manera que una deformación por flexión de la pieza de trabajo W cae dentro de una deformación en un límite elástico del mismo.

45 Las acciones de rotación y flexión de la pieza de trabajo W activan un desplazamiento forzado en una porción de la pieza de trabajo W que se coloca dentro del soporte de manguito 1. El desplazamiento forzado produce la energía alterna en la sección transversal de la pieza de trabajo W que intersecta el eje (la línea de referencia X) de la misma en ángulo recto, más específicamente, cierta energía alterna de cizalladura se produce por unidad de volumen. La energía alterna de cizalladura agrega una tensión de cizalladura repetitiva en la sección transversal de la pieza de trabajo W, y esta tensión de cizalladura repetitiva descompone (o disipa) una porción de la energía interna de la 50 pieza de trabajo W que se incrementa por la energía de compresión. La energía descompuesta (o disipada) obtenida de esta descomposición (o disipación) se consume mediante la inducción de un flujo plástico del material desde el centro de árbol dentro de la pieza de trabajo W.

55 En consecuencia, en caso de que se mantenga la aplicación de la energía de compresión y la energía alterna de cizalladura a la pieza de trabajo W, el flujo plástico del material se promueve con la ayuda de la energía descompuesta (o disipada) dentro del área destinada a la ampliación de la pieza de trabajo W, es decir, la porción de la pieza de trabajo W en el estado no restringido. En otras palabras, una deformación de ampliación se produce en el área destinada a la ampliación de la pieza de trabajo W en base al fenómeno de trinquete mecánico, y como se muestra en (B) de la figura 2, el área destinada a la ampliación se deforma para ampliarse radialmente hacia el exterior, con lo cual una porción ampliada H se forma en la pieza de trabajo W.

5 Por otra parte, como la deformación de ampliación se produce gradualmente, la fuerza de presión continua que se aplica al soporte de manguito 2, es decir, la energía de compresión (la fuerza de compresión) mueve el soporte de manguito 2 hacia el soporte de manguito 1. A continuación, cuando la porción ampliada H se convierte en un collar que tiene un diámetro deseado y el espacio entre los soportes de manguito 1, 2 se reduce de L_0 a L , el soporte de manguito 1 se devuelve para permanecer en la línea de referencia X, mientras el ángulo de inclinación del soporte de manguito 1 se reduce gradualmente y, a continuación, se detiene la rotación del soporte de manguito 1. A continuación, las piezas de trabajo W trabajadas se retiran de entre los soportes de manguito 1, 2.

10 Durante el proceso de ampliación, la flexión de la pieza de trabajo W, es decir, el ángulo de inclinación θ del soporte de manguito 1 o la posición del centro de flexión O de la pieza de trabajo W pueden controlarse. Estos controles no sólo suprimen de manera fiable la flexión de la pieza de trabajo W dentro del límite de elasticidad del mismo, sino también se hace efectivo en la creación adecuada de la magnitud y la distribución de la tensión de cizalladura repetitiva dentro de la sección transversal de la pieza de trabajo W, haciendo así posible realizar un desarrollo estable de la porción ampliada H.

15 La deformación de ampliación de la pieza de trabajo W se produce no sólo en la porción ampliada H, sino también en las porciones de la pieza de trabajo W que se encuentran dentro de los soportes de manguito 1, 2. Por lo tanto, cuando se produce el proceso de ampliación de la pieza de trabajo W, los soportes de manguito 1, 2 sujetan las porciones de extremo de la pieza de trabajo W fuertemente y rígidamente. Por lo tanto, los soportes de manguito 1, 2 no requieren un mandril especial para la pieza de trabajo W.

20 En la figura 3, (A) muestra que cuando se ejecuta un proceso de ampliación de la pieza de trabajo W con la tensión de compresión y el ángulo de inclinación θ de la pieza de trabajo W se establece en unos valores dados, la deformación de ampliación de la pieza de trabajo W se produce cuando aumenta el número de rotaciones N de la pieza de trabajo W. En (A) de la figura 3, D_N/D_0 indica la tasa de ampliación de la porción ampliada H. Es decir, D_0 y D_N indican un diámetro exterior de la pieza de trabajo W y un diámetro exterior de la porción ampliada H, respectivamente.

25 Aquí, D_N/D_0 se puede obtener a partir de las expresiones establecidas en (A) de la figura 3, los símbolos en las expresiones indican lo siguiente.

30 ε_0 : Distorsión axial media
 N_0 : Constante de tiempo de rotación
 N_0^* : Ángulo de flexión dependiente del factor para N_0
 σ_c : Tensión de compresión axial de la pieza de trabajo W
 θ : Ángulo de inclinación
 α_1 : Ángulo de inclinación dependiente del ángulo para N_0
 α_2 : Tensión de presión dependiente del índice para N_0

35 Por otro lado, (B) de la figura 3 muestra el resultado de (A) de la figura 3 como siendo sustituido por una relación entre la constante de tiempo de rotación N_0 y la tasa de ampliación D_N/D_0 utilizando el número de rotaciones de la pieza de trabajo W como un parámetro. (C) de la figura 3 muestra una relación entre el ángulo de inclinación θ y la constante de tiempo de rotación N_0 de la pieza de trabajo W usando la tensión de compresión de inclinación θ_c como un parámetro. (A) de la figura 3 representa que la tasa de ampliación D_N/D_0 converge a un cierto valor cuando el número de rotaciones N aumenta, y (B) de la figura 3 representa que la tasa de ampliación D_N/D_0 aumenta a medida que la constante de tiempo de rotación N_0 disminuye. Además, como se desprende de (C) de la figura 3, se ve que para alcanzar la misma tasa de ampliación con la constante de tiempo de rotación N_0 permaneciendo constante, la tensión de compresión σ_c se incrementa y el ángulo de inclinación θ disminuye.

45 Por lo tanto, como con la realización descrita anteriormente, en caso de que la tensión de compresión de la pieza de trabajo W se haga igual a o mayor que la resistencia a la rotura inicial de la misma, mientras que se suprime el ángulo de inclinación θ en un grado tal que se produzca la deformación por flexión dentro del límite elástico del mismo en la pieza de trabajo W, la porción ampliada H se puede formar con rapidez y eficacia en la pieza de trabajo W. A saber, como queda claro a partir de (C) de la figura 3, en el método de ampliación convencional divulgado en el Documento de Patente 1 descrito anteriormente, el proceso de ampliación de la pieza de trabajo W se realiza basándose en la tensión de compresión de la pieza de trabajo W como carga básica y la tensión y la fuerza de compresión que se añade repetidamente para la pieza de trabajo W mediante la flexión de rotación de la pieza de trabajo W como fuerza motriz para la deformación plástica gradual.

55 En contraste con esto, en el método de ampliación de la invención, el proceso de ampliación de la pieza de trabajo W se realiza aumentando la energía interna acumulada en la pieza de trabajo W por la tensión de compresión (la energía de compresión) de la pieza de trabajo W, mientras se descompone (o disipa) una porción de la energía interna así aumentada usando la energía de cizalladura alterna producida por la flexión de rotación de la pieza de trabajo W como una activación y usando la energía descompuesta (o disipada) obtenida por la descomposición (o disipación) como fuerza de accionamiento para la deformación plástica gradual.

Por lo tanto, de acuerdo con el método de ampliación de la invención, en comparación con el método convencional, el ángulo de inclinación θ requerido por la pieza de trabajo W es sólo del orden de una décima parte del ángulo de inclinación θ del método convencional. Esto significa que una rotación de alta velocidad de la pieza de trabajo W está habilitada y que el tiempo requerido para el proceso de ampliación también se puede reducir en gran medida.

5 Las figuras 4 a 7 muestran esquemáticamente parte de una máquina de trabajo que ejecuta un método de ampliación de una segunda realización.

La máquina de trabajo de la segunda realización incluye un elemento de sujeción 6 y un soporte de manguito 7 que corresponde a los soportes de manguito 1, 2 descritos anteriormente. Como se muestra en la figura 4, el elemento de sujeción 6 sujeta de forma fija un extremo de una pieza de trabajo W, y en el caso de esta realización, la pieza de trabajo W es un elemento de árbol hueco. Por otro lado, como se muestra en las figuras 5 y 6, aunque el soporte de manguito 7 sujeta el otro extremo de la pieza de trabajo W, el otro extremo de la pieza de trabajo W puede girar relativamente respecto al soporte de manguito 7.

10

Más específicamente, un elemento giratorio en forma de disco 8 está unido al soporte de manguito 7, y el soporte de manguito 7 puede ser excéntrico con respecto a un centro de árbol del elemento giratorio 8. Específicamente, el soporte de manguito 7 está montado de forma deslizante en una ranura 9 en el elemento giratorio 8 y se le permite moverse a lo largo de la ranura 9 mediante un tornillo de alimentación 10. Además, el elemento giratorio 8 puede inclinarse con respecto a un eje del elemento giratorio 8, es decir, un eje de la pieza de trabajo W.

15

Cuando la pieza de trabajo W se sujeta entre el elemento de sujeción 6 y el soporte de manguito 7, el soporte de manguito 7 está dispuesto concéntrico con el elemento giratorio 8. En este estado, los dos extremos de la pieza de trabajo W se sujetan mediante el elemento de sujeción 6 y el soporte de manguito 7. A continuación, el soporte de manguito 7 se hace excéntrico en una cantidad excéntrica E dada con respecto al elemento giratorio 8, mientras el elemento giratorio 8 está inclinado. Por lo tanto, como se muestra en la figura 7, el otro extremo de la pieza de trabajo W se mueve a una posición excéntrica Pe desde una posición Po que está colocada concéntrica con el elemento giratorio 8. El movimiento del otro extremo de la pieza de trabajo W de la manera descrita anteriormente aplica una flexión a una porción de extremo We de la pieza de trabajo W, que está situada en el lado del elemento giratorio 8, como se indica mediante una línea discontinua en la figura 4. Al igual que con la primera realización, la flexión de la pieza de trabajo W que se produce aquí se suprime dentro de un límite elástico de la misma.

20

25

En este estado, el elemento giratorio 8 se hace girar, y una fuerza de presión aplicada a la pieza de trabajo W a través del elemento de sujeción 6 produce una tensión de compresión igual o mayor que una resistencia de rotura inicial de la misma. Por lo tanto, la porción de extremo We gira mientras bascula. Este movimiento de rotación de basculación imparte un desplazamiento forzado de la pieza de trabajo W. Este desplazamiento forzado dobla repetidamente la porción de extremo We de la pieza W de acuerdo con la cantidad excéntrica E del soporte de manguito 7 y produce una tensión de cizallamiento repetitiva, es decir, una energía de cizallamiento alterna en una sección transversal de la pieza de trabajo W. Por lo tanto, un área destinada a la ampliación de la pieza de trabajo W se deforma y se amplía, en base a un mecanismo similar al de la primera realización descrita anteriormente, con lo cual una porción ampliada se forma en el área destinada a la ampliación.

30

35

Puesto que la cantidad excéntrica E del soporte de manguito 7 y el ángulo de inclinación del elemento giratorio 8 se pueden ajustar, también en el caso de la segunda realización, el ángulo de basculación del movimiento de basculación y de rotación y la posición del centro de la basculación se controlan preferentemente durante el proceso de ampliación. El control del ángulo de basculación y el centro de basculación es eficaz no sólo en la prevención de la aplicación de un exceso de energía alterna de cizallamiento a la pieza de trabajo W, sino también en la creación de la magnitud y la distribución de energía de cizalladura alterna apropiada para el tamaño de una porción ampliada que se ha de formar.

40

(A) y (B) de la figura 8 muestran esquemáticamente una máquina de trabajo que ejecuta un método de ampliación de una tercera realización. La máquina de trabajo de la tercera realización incluye también los soportes de manguito 11, 12 que corresponden a los soportes de manguito 1, 2 de la primera realización. Sin embargo, una pieza de trabajo W que se sujeta mediante los soportes de manguito 11, 12 no es un elemento de árbol, sino un elemento de placa a modo de banda. Más específicamente, los soportes de manguito 11, 12 tienen orificios rectangulares que pueden recibir porciones de extremo de la pieza de trabajo W. Los soportes de manguito 11, 12 no son tales como para hacerse girar alrededor de una línea de referencia X, sino que sólo se permite que el soporte de manguito 11 se incline alternativamente alrededor de la línea de referencia X como un centro. La inclinación alterna del soporte de manguito 11 imparte vibraciones de péndulo a una porción de extremo We de la pieza de trabajo W. El movimiento de péndulo inclina la porción de extremo We de la pieza de trabajo W de manera alternativa en una dirección que se cruza con una superficie más amplia de la pieza de trabajo W en ángulo recto e imparte un desplazamiento forzado a la porción de extremo We.

45

50

55

Por lo tanto, en el caso de la tercera realización, además, la porción de extremo We se dobla repetidamente en un estado tal que la deformación de la porción de extremo We se restringe para caer dentro de un límite elástico de la misma, con lo que la tensión de cizalladura, es decir, la energía de cizalladura alterna, se aplica varias veces en una

- sección transversal de la pieza de trabajo W. Por otra parte, en caso de que se aplique una tensión de compresión igual o mayor que una resistencia a la compresión inicial de la pieza de trabajo W a la pieza de trabajo W mediante una fuerza de presión aplicada a la pieza de trabajo W a través del soporte de manguito 12, la energía de cizalladura alterna y la tensión de compresión (la energía de compresión) forma una porción ampliada H en un área destinada a la ampliación de la pieza de trabajo W, que se extiende entre los soportes de manguito 11, 12 sobre la base de un fenómeno de trinquete mecánico que es similar a las realizaciones descritas anteriormente. En el caso de la tercera realización, puesto que los soportes de manguito 11, 12, es decir, la pieza de trabajo W no gira alrededor de un eje del mismo, la porción ampliada H de la pieza de trabajo W se forma como nervios que se proyectan desde ambos lados de la pieza de trabajo W.
- 5
- 10 También en esta realización, el ángulo de inclinación de la inclinación alterna del soporte de manguito 11 y la posición central de inclinación se controlan durante el proceso de ampliación, como resultado de lo cual no se produce tal situación que el exceso de energía alterna de cizalladura se aplica a la pieza de trabajo W, por lo que la energía alterna de cizalladura se hace apropiada.
- 15 (A) y (B) de la figura 9 muestran esquemáticamente una máquina de trabajo que ejecuta un método de ampliación de una cuarta realización. La máquina de trabajo de la cuarta realización incluye los soportes de manguito 21, 22 que corresponden a los soportes de manguito 1, 2 de la primera realización. El manguito 21 se le permite girar alrededor de una línea de referencia X, mientras que el soporte de manguito 22 no se le permite que gire de esta manera.
- 20 Para ser más específicos, en el caso de esta realización, una pieza de trabajo W es un elemento de árbol sólido, y ambas porciones de extremo de la pieza de trabajo W se insertan en los soportes de manguito 21, 22. Los elementos de soporte 23, 24 están dispuestos en los soportes de manguito 21, 22, respectivamente, y estos elementos de soporte 23, 24 tienen cada uno una forma cilíndrica escalonada. Ambos extremos de la pieza de trabajo W se apoyan en los extremos interiores, es decir, los extremos de menor diámetro de los elementos de soporte 23, 24, con lo cual la pieza de trabajo W se sujeta entre los elementos de soporte 23, 24. Además, un espaciador 25 que tiene una forma de manguito está dispuesto dentro del soporte de manguito 21, y este espaciador 25 rodea porciones de extremo del elemento de soporte 23 y la pieza de trabajo W en cooperación con el soporte de manguito 21.
- 25
- 30 Un extremo exterior, es decir, un extremo de diámetro grande del elemento de soporte 23 está conectado a un elemento de accionamiento 26, y este elemento de accionamiento 26 tiene una forma cilíndrica y está dispuesto en el exterior del soporte de manguito 21. El elemento de accionamiento 26 tiene una cara de extremo exterior en un lado opuesto del soporte de manguito 21, y una proyección 27 está formada en una porción circunferencial exterior de esta cara de extremo exterior. Esta proyección 27 se proyecta a lo largo de una línea de referencia X, y como se desprende a partir de la figura 10, la proyección 27 se forma en forma de abanico. La proyección 27 está montada en una porción de extremo de un enlace de manivela 28, y la otra porción de extremo del enlace de manivela 28 está conectado a un extremo de una varilla de conexión 29. El otro extremo de la varilla de conexión 29 está unido de forma excéntrica a un árbol de salida 30d de un motor 30 con engranajes de reducción.
- 35
- 40 De acuerdo con la máquina de trabajo de la cuarta realización, cuando el motor 30 se acciona, la rotación del motor 30 se transmite al elemento de accionamiento 26 a través del enlace de manivela 28 y la proyección 27, para convertirse en un movimiento alternativo basculante, como resultado de lo cual el elemento de accionamiento 26 hace girar el elemento de soporte 23 de manera alternativa dentro de un rango angular dado alrededor de la referencia X como centro. Además, como se muestra en la figura 11, una pluralidad de dientes 31 están formados en caras de extremo interiores de los elementos de soporte 23, 24, y estos dientes 31 están dispuestos circunferencialmente a intervalos iguales en las correspondientes caras de extremo interiores.
- 45
- 50 Cuando la pieza de trabajo W se sujeta entre los extremos interiores de los elementos de soporte 23, 24 y una fuerza de presión se aplica a la pieza de trabajo W a través del elemento de soporte 24, los dientes 31 en los elementos de soporte 23, 24 muerden en correspondientes caras de extremo de la pieza de trabajo W. Por lo tanto, los elementos de soporte 23, 24 están conectados integralmente con la pieza de trabajo W. Las dos caras de extremo de la pieza de trabajo W se mantienen preferentemente tan rugosas como lo que se produce cuando se corta la pieza de trabajo W. Mientras esto se produce, los dientes 31 muerden profundamente en las caras de extremo de la pieza de trabajo W, por lo que los elementos de soporte 23, 24 pueden sujetar la pieza de trabajo W entre los mismos.
- 55 Como se describió anteriormente, no se permite que la porción de extremo de la pieza de trabajo W en el elemento de soporte 24 gire, y los elementos de soporte 23, 24 están conectados integralmente con la pieza de trabajo W. Además, la fuerza de presión produce en la pieza de trabajo W la fuerza de compresión igual o mayor que la resistencia a la rotura inicial de la misma. En este estado, cuando se aplica un movimiento oscilante alternativo al elemento de soporte 23, ya que este movimiento oscilante alternativo aplica un movimiento de giro alterno (arco circular) alrededor del eje de la pieza de trabajo W a la porción de extremo de la pieza de trabajo W que está frente al soporte de manguito 21, se aplica un desplazamiento forzado a la pieza de trabajo W dentro de su límite elástico.

Más específicamente, el movimiento de giro alterno aplica energía de cizalladura alterna a la pieza de trabajo W en una dirección transversal, y esta energía de cizalladura alterna se propaga en la pieza de trabajo W. Por lo tanto, se aplica una tensión de cizalladura repetitiva en una sección transversal de un área destinada a la ampliación de la pieza de trabajo W que está dispuesta entre los soportes de manguito 21, 22. Como resultado, como en los casos de las realizaciones descritas anteriormente, el área destinada a la ampliación de la pieza de trabajo W se deforma y se amplía, en base al fenómeno de trinquete mecánico, mediante el cual una porción ampliada H como se muestra en (B) de la figura 9 se forma en la pieza de trabajo W.

También en esta realización, el ángulo de torsión de la pieza de trabajo W se controla durante el proceso de ampliación para no sólo para evitar la producción de exceso de energía de cizalladura alterna en la pieza de trabajo W, sino también para darse cuenta de la energía de cizalladura alterna apropiada. En cualquiera de la primera a cuarta realizaciones, la energía de cizalladura alterna por unidad de volumen se produce en la pieza de trabajo W impartiendo el desplazamiento forzado a la porción de extremo de la pieza de trabajo W. Sin embargo, en la invención, en lugar de desplazar de manera forzada la porción de extremo de la pieza de trabajo W, el área destinada a la ampliación de la pieza de trabajo W se puede deformar y ampliar en base al fenómeno de trinquete mecánico mediante la aplicación de una torsión de impacto alterna a la porción de extremo de la pieza de trabajo W como energía de cizalladura alterna.

Específicamente, la figura 12 muestra una parte de una máquina de trabajo para la ejecución de un método de ampliación de una quinta realización, y esta máquina de trabajo aplica un par de torsión de impacto alterno a una pieza de trabajo W. Cuando se compara con la máquina de trabajo de la cuarta realización, la máquina de trabajo de la quinta realización difiere de la máquina de trabajo de la cuarta realización únicamente en que se asegura un juego, es decir, un hueco G, entre una proyección 27 en un elemento de accionamiento 26 y un enlace de manivela 28. Por lo tanto, cuando el enlace de manivela 28 se gira de manera alternativa, el enlace de manivela 28 puede aplicar un par de torsión de impacto alterno al elemento de accionamiento 26, es decir, a la pieza de trabajo W a través de la proyección 27.

El par de torsión de impacto alterno produce una onda de tensión de cizalladura de giro alterno (energía de cizalladura alterna) en una sección transversal de la pieza de trabajo W. Esta onda de tensión de cizalladura de giro se propaga dentro de la pieza de trabajo W y, como con las realizaciones anteriores, forma una porción ampliada en un área destinada a la ampliación de la pieza de trabajo W en base al fenómeno de trinquete mecánico.

Además, la figura 13 muestra una máquina de trabajo para la ejecución de un método de ampliación de una sexta realización. La máquina de trabajo de la figura 13 incluye un generador de vibraciones 32 y este generador de vibración 32 aplica vibraciones de flexión o torsión a una sección transversal de una pieza de trabajo W. Las vibraciones de flexión o torsión también pueden producir una onda de tensión de cizalladura de giro alterno (energía de cizalladura alterna) dentro de la pieza de trabajo W. Como resultado, la máquina de trabajo en la figura 13 también puede formar una porción ampliada en la pieza de trabajo W en base al fenómeno de trinquete mecánico, como con los casos de las realizaciones anteriores.

Por otro lado, en el caso de una pieza de trabajo W que es un elemento tubular hueco, también se puede adoptar un método de ampliación de una séptima realización. Una máquina de trabajo que ejecuta el método de ampliación de la séptima realización incluye una placa de cierre 34 que cierra un extremo de una pieza de trabajo W y una fuente de producción de energía acústica dispuesta en el otro extremo de la pieza de trabajo W, más específicamente, un generador de ondas ultrasónicas 33. El generador de ondas ultrasónicas 33 introduce las ondas ultrasónicas en la pieza de trabajo W desde el otro extremo de la pieza de trabajo W. Las ondas ultrasónicas así introducidas son de un tipo de energía de vibración y, por lo tanto, las ondas ultrasónicas se propagan dentro de un interior hueco de la pieza de trabajo W, para aplicar una cierta energía alterna de cizalladura por unidad de volumen en una sección transversal de la pieza de trabajo W. Por lo tanto, la máquina de trabajo en la figura 14 también puede formar una porción ampliada en la pieza de trabajo W en base al fenómeno de trinquete mecánico como con los casos de las realizaciones anteriores.

Cuando energía acústica, tal como ondas ultrasónicas, se utiliza en el proceso de ampliación de la pieza de trabajo W, las ondas ultrasónicas que se propagan dentro de la pieza de trabajo W preferiblemente no son ondas estacionarias, en cuyo caso las ondas ultrasónicas pueden aplicar energía de cizalladura alterna a la sección transversal de la pieza de trabajo W con una buena eficiencia. Además, la figura 15 muestra una máquina de trabajo para la ejecución de un método de ampliación de una octava realización. Cuando se compara con las máquinas de trabajo de la primera a sexta realizaciones, la máquina de trabajo se muestra en la figura 15 difiere de la misma sólo en que la máquina de trabajo incluye, además, un elemento de restricción de forma exterior 35.

En particular, el elemento de restricción de forma exterior 35 es una matriz de formación de un tipo hembra y tiene una configuración de superficie interior poligonal en forma de dientes o en forma de escalones interiores. El elemento de restricción de forma exterior 35 así configurado se dispone para rodear un área destinada a la ampliación de una pieza de trabajo W. En este caso, una porción ampliada se forma en la pieza de trabajo W en el interior del elemento de restricción de forma exterior 35, y una forma exterior de la porción ampliada está

determinada por la configuración de la superficie interior del elemento de restricción de forma exterior 35. A saber, la porción ampliada tiene una forma exterior que coincide con la configuración de la superficie interior del elemento de restricción de forma exterior 35. Por lo tanto, la porción ampliada se forma en una forma final arbitraria, tal como una forma poligonal, a modo de engranaje o a modo de escalón, que evita la necesidad de trabajo posterior, que de otra forma se realiza en la porción ampliada.

Cuando el elemento de restricción de forma exterior 35 se utiliza como la matriz de formación de tipo hembra, la matriz de formación recibe un tratamiento de endurecimiento, tal como enfriamiento rápido para evitar desgaste o deformación plástica. Debido a esto, cuando porciones de esquina están presentes en una superficie interior de la matriz de formación, se provoca un temor de que se produzcan grietas en la matriz de formación, debido a la concentración de tensión en las porciones de esquina durante el proceso de ampliación de la pieza de trabajo W. Para evitar la aparición de este temor, en el caso de que la matriz de formación tenga una configuración de superficie interior de un orificio hexagonal, por ejemplo, como se muestra en la figura 16, el elemento de restricción de forma exterior 35 incluye seis orificios circulares 36 y seis ranuras radiales 37 en la superficie interior del mismo. Cada ranura radial 37 tiene un extremo que se abre en una esquina correspondiente del orificio hexagonal y el otro extremo que está conectado al orificio circular 36. El orificio circular 36 y la ranura 37 evitan de forma fiable que se produzcan grietas en el elemento de restricción de forma exterior 35 debido a la concentración de tensiones.

Cuando una matriz de formación que forma un engranaje cónico se usa como el elemento de restricción de forma exterior 35, la figura 17 muestra una porción ampliada que se forma en la pieza de trabajo W mediante el uso de la matriz de formación, es decir, un engranaje cónico. Además, el elemento de restricción de forma externa 35 puede estar unido integralmente a la porción ampliada de la pieza de trabajo W. En este caso, la porción ampliada entre el elemento de restricción de forma exterior 35 y la pieza de trabajo W realiza un encaje de ampliación, que es un tipo de encaje de fuerza.

La presente invención no se limita a la primera a octava realizaciones descritas anteriormente. Por ejemplo, la pieza de trabajo no está limitada al elemento de árbol ni al elemento de placa, sino que puede tener varias formas. Además, la energía alterna que se va a aplicar a la pieza de trabajo también se puede obtener mediante la combinación del desplazamiento forzado divulgado en la primera a séptima realizaciones con vibración o energía acústica.

Además, la energía de compresión que se va a aplicar a la pieza de trabajo también puede obtenerse mediante presión de la pieza de trabajo en la dirección radial. Específicamente, en este caso, por ejemplo, un elemento tubular hueco se utiliza para la pieza de trabajo, y una matriz de formación de un tipo hembra, más específicamente, una matriz de formación para formar dientes de cremallera, se presiona contra parte de una superficie circunferencial exterior de la pieza de trabajo. A saber, la matriz de formación aplica energía de compresión a la pieza de trabajo en su dirección radial. En este estado, en caso de que el movimiento de giro alterno, es decir, la energía de cizalladura alterna se aplica a la pieza de trabajo, la porción ampliada de la pieza de trabajo se desarrolla dentro de la matriz de formación, y la pieza de trabajo se forma en una cremallera.

Además, el centro del movimiento de inclinación, el movimiento de basculación o el movimiento de péndulo que se aplica a la pieza de trabajo W no necesariamente tiene que colocarse dentro del área destinada a la ampliación. Por ejemplo, en el caso de la realización mostrada en la figura 2, el centro de inclinación O de la pieza de trabajo W se puede colocar dentro de uno de los soportes de manguito. Además, la pieza de trabajo W no necesariamente tiene que estar formada de un material de metal, sino que puede estar formado de un material no metálico, tal como cerámica sinterizada. En resumen, cualquier material puede ser utilizado, siempre que el material se pueda deformar plásticamente. Por último, por supuesto, diversas modificaciones se pueden hacer a las máquinas de trabajo ilustradas.

EXPLICACIÓN DE NÚMEROS Y SIGNOS DE REFERENCIA

45 1, 2 soporte de manguito
 4, 5 elemento de soporte
 6 elemento de sujeción
 7 soporte de manguito
 8 elemento giratorio
 50 9 ranura
 10 tornillo de alimentación
 11, 12 soporte de manguito
 21,22 soporte de manguito
 23, 24 elemento de soporte
 55 25 espaciador
 26 elemento de accionamiento
 30 motor
 32 generador de vibraciones

- 33 generador de ondas ultrasónicas
- 34 placa de cierre
- 35 elemento de restricción de forma exterior
- H porción ampliada
- 5 W pieza de trabajo
- X línea de referencia

REIVINDICACIONES

1. Un método de ampliación para generar una deformación de ampliación plástica de una superficie exterior de una pieza de trabajo hecha de un material plásticamente deformable, en el que la pieza de trabajo (W) incluye un eje y un área destinada a una ampliación no restringida en la superficie exterior de la misma, comprendiendo el método:
- 5 sujetar la pieza de trabajo (W) y aplicar, en una dirección transversal que intersecta el eje, energía alterna que deforma la pieza de trabajo dentro de un límite elástico de la misma mientras se aplica energía de compresión que produce, en la pieza de trabajo, una tensión de compresión igual o mayor que una resistencia de rotura inicial de la pieza de trabajo (W) para aumentar la energía interna de la pieza de trabajo, en el que
- 10 la energía alterna deforma plásticamente y amplía el área destinada a la ampliación mientras se descompone/disipa y consume una porción de la energía interna aumentada por la energía de compresión.
2. El método de la reivindicación 1, en el que la energía de compresión es la fuerza de compresión que comprime la pieza de trabajo (W) en una dirección axial o en una dirección radial de la misma.
3. El método de la reivindicación 2, en el que la energía alterna se aplica en una sección transversal de la pieza de trabajo (W), como energía de cizalladura alterna dada por unidad de volumen.
- 15 4. El método de la reivindicación 3, en el que la energía de cizalladura alterna produce una tensión de cizalladura repetitiva en la pieza de trabajo (W) mediante el desplazamiento forzado de una porción de extremo (We) de la pieza de trabajo (W) situada en un lado del área destinada a la ampliación en la dirección axial de la pieza de trabajo (W).
5. El método de la reivindicación 4, en el que el desplazamiento forzado de la porción de extremo (We) se produce mediante una combinación de una rotación que hace girar la pieza de trabajo (W) alrededor de su eje y una flexión de la porción de extremo que tiene un centro de flexión (O) en el eje.
- 20 6. El método de la reivindicación 5, en el que un ángulo de flexión (θ) y el centro de flexión (O) de la porción de extremo (We) se controla durante un proceso en el que el área destinada a la ampliación se deforma y se amplía para evitar una aplicación excesiva de la energía de cizalladura alterna.
7. El método de la reivindicación 4, en el que el desplazamiento forzado de la porción de extremo (We) se produce mediante un movimiento de rotación de basculación de la porción de extremo, en el que el movimiento de rotación de basculación tiene un centro en el eje.
- 25 8. El método de la reivindicación 4, en el que el desplazamiento forzado de la porción de extremo (We) se produce mediante un movimiento de péndulo de la porción de extremo (We), en el que el movimiento de péndulo tiene un centro en el eje.
- 30 9. El método de la reivindicación 4, en el que el desplazamiento forzado de la porción de extremo (We) se produce mediante un movimiento de giro alterno de la porción de extremo (We) centrado sobre el eje.
10. El método de la reivindicación 3, en el que la energía alterna de cizalladura se produce mediante la aplicación de par de torsión de impacto alterno a la pieza de trabajo (W).
- 35 11. El método de la reivindicación 3, en el que la energía alterna de cizalladura se produce mediante la aplicación de una vibración de flexión o torsión a la pieza de trabajo (W).
12. El método de la reivindicación 2, en el que, cuando la pieza de trabajo (W) es un elemento tubular hueco, la energía alterna se produce mediante energía acústica que se introduce, con un extremo de la pieza de trabajo (W) estando cerrado, en la pieza de trabajo desde el otro extremo de la pieza de trabajo.
- 40 13. El método de la reivindicación 1, en el que el área destinada a la ampliación está rodeada por un elemento de restricción de forma exterior (35), y una configuración de la superficie interior del elemento de restricción de forma exterior (35) define una configuración periférica exterior de una porción ampliada (H) obtenida mediante la ampliación del área destinada a la ampliación.
- 45 14. El método de la reivindicación 13, en el que el elemento de restricción de forma exterior (35) se utiliza como una matriz de formación para formar la porción ampliada (H).
15. El método de la reivindicación 13, en el que el elemento de restricción de forma exterior (35) está unido integralmente a la porción ampliada (H).

FIG. 1

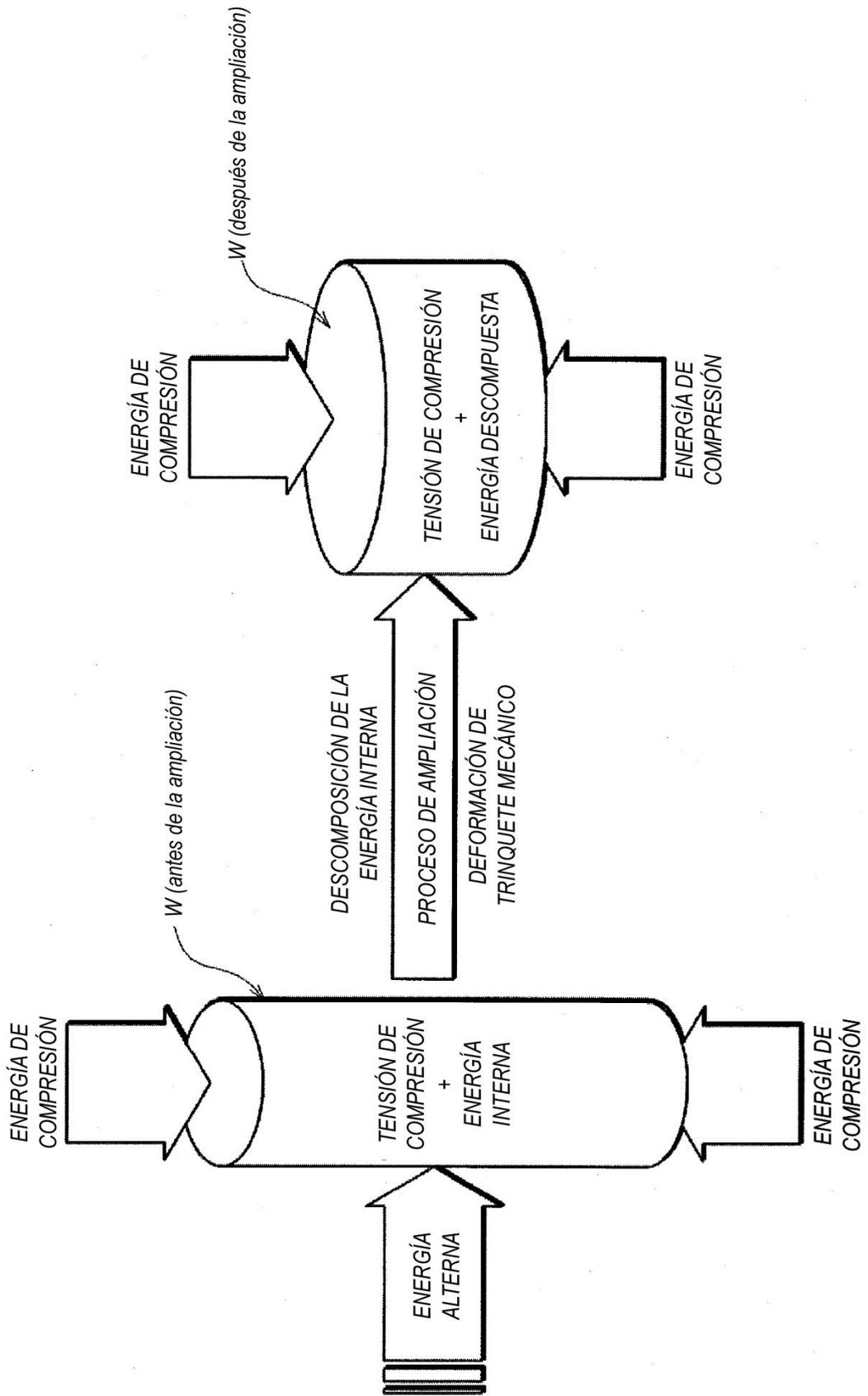


FIG. 2

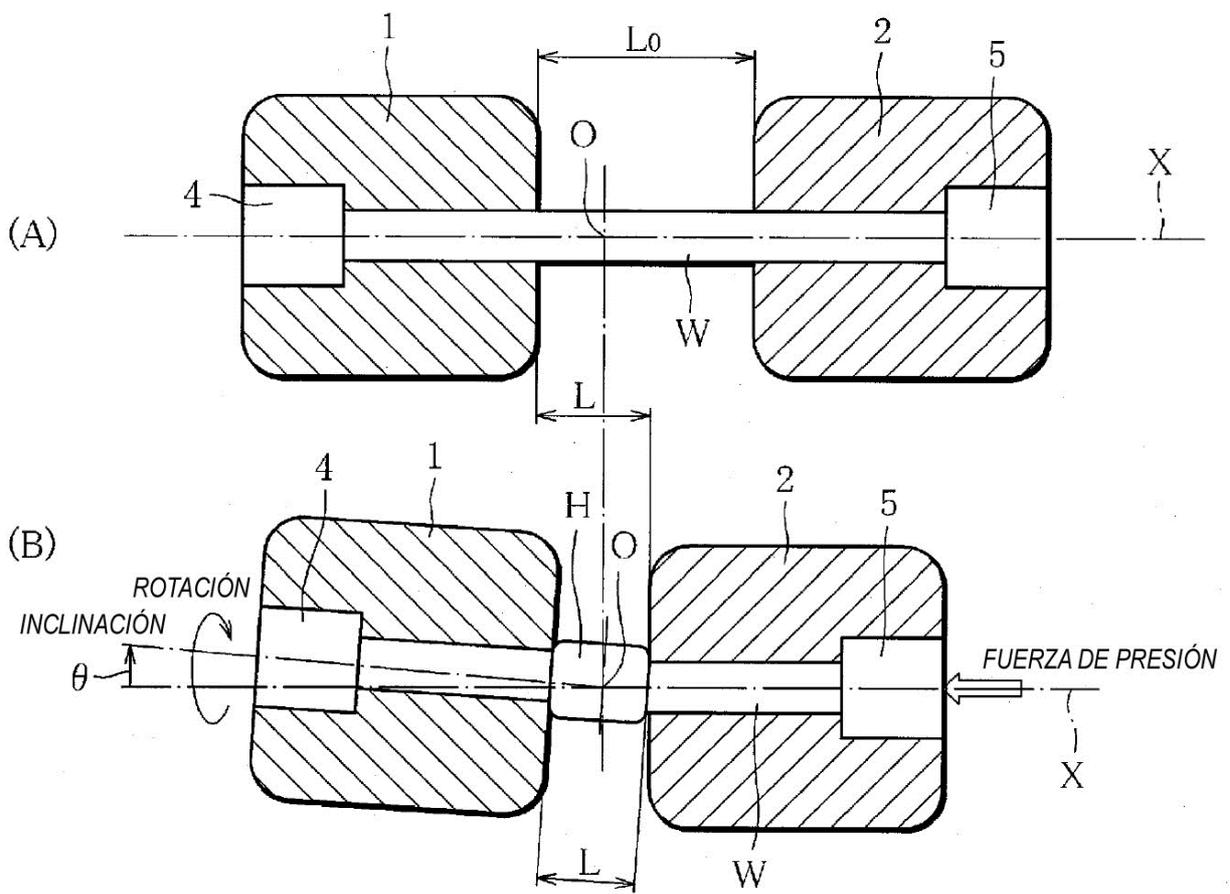


FIG. 3

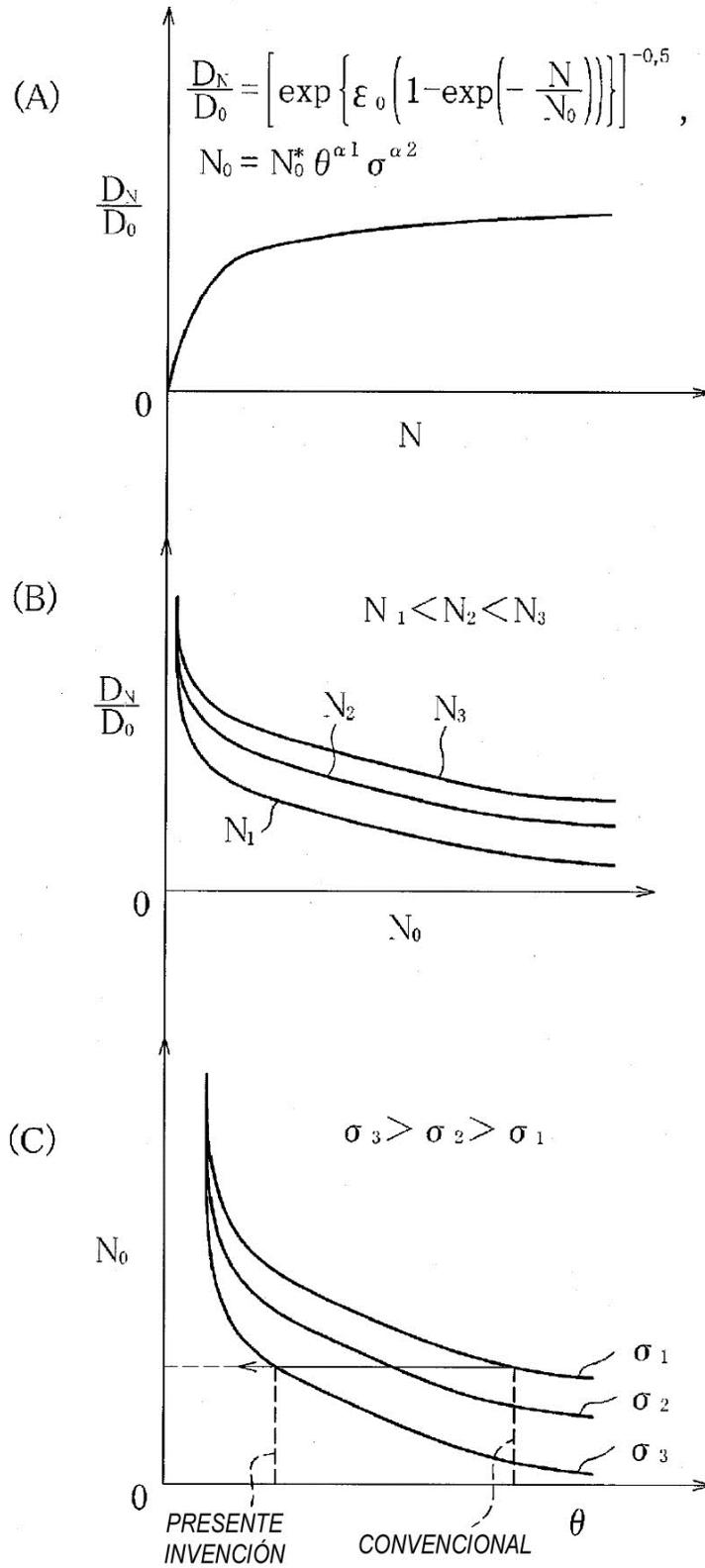


FIG. 4

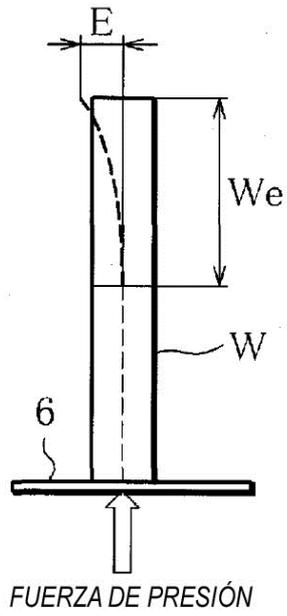


FIG. 5

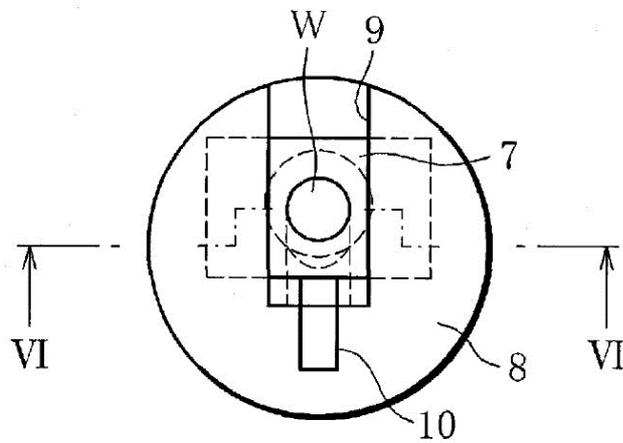


FIG. 6

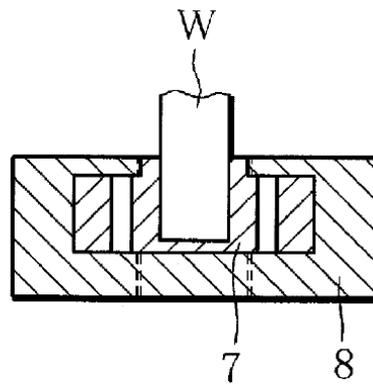


FIG. 7

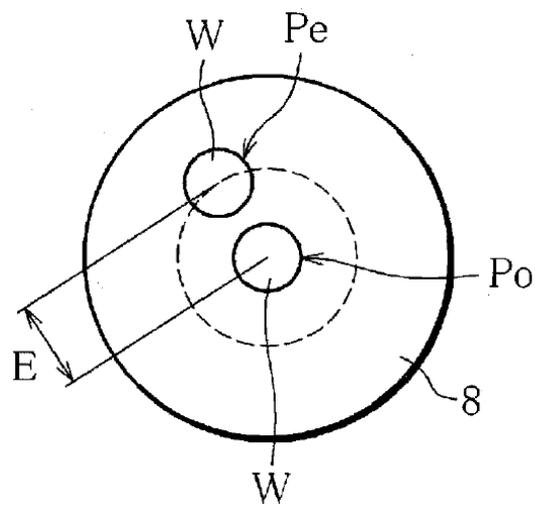


FIG. 8

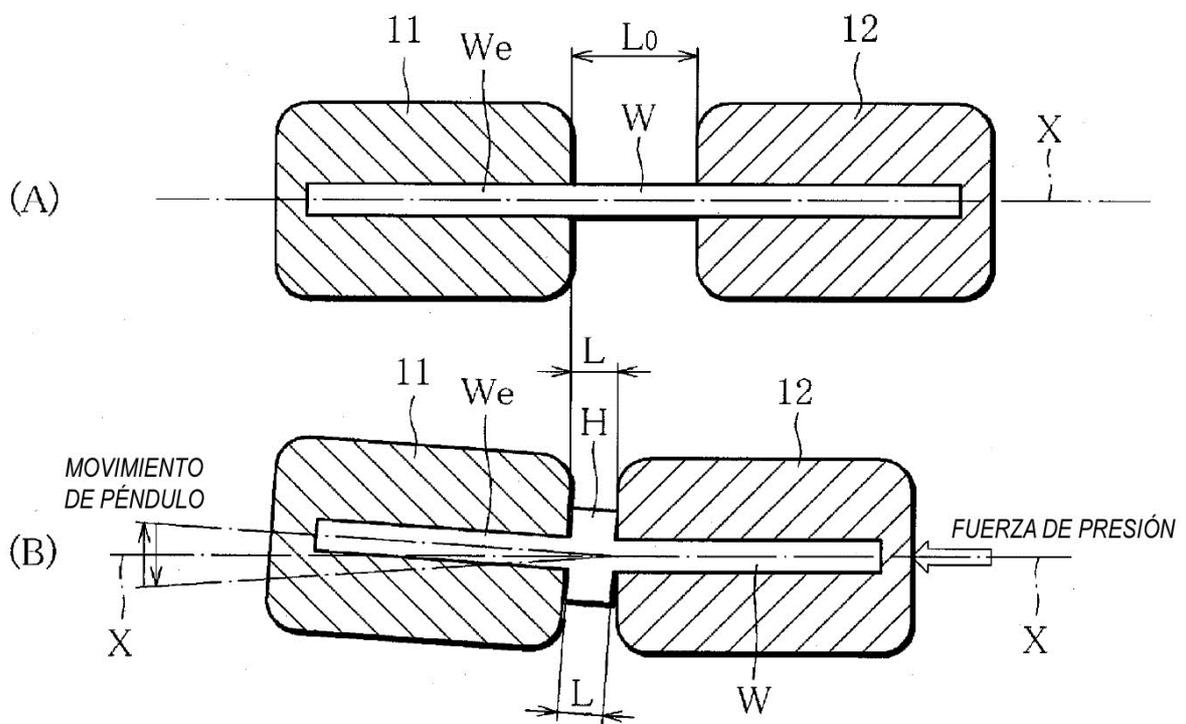


FIG. 9

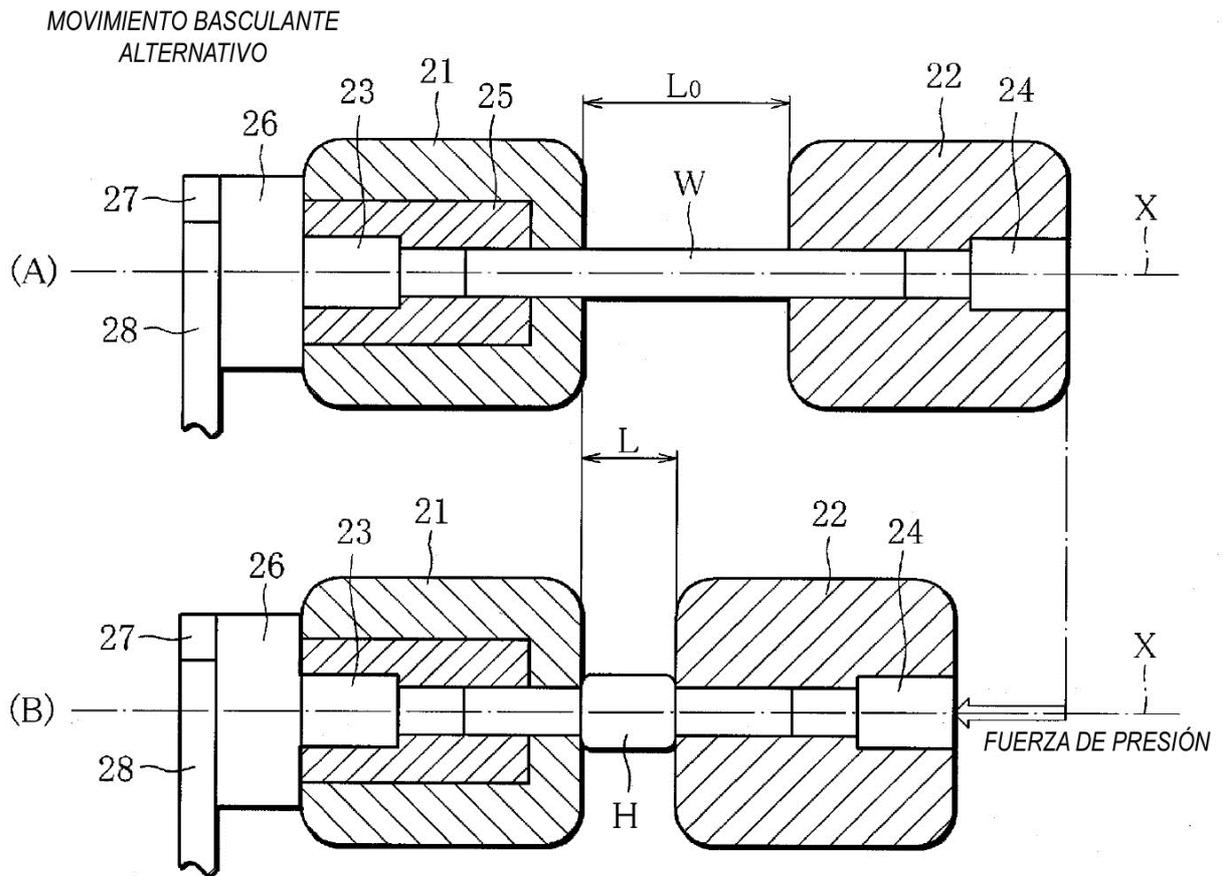


FIG. 10

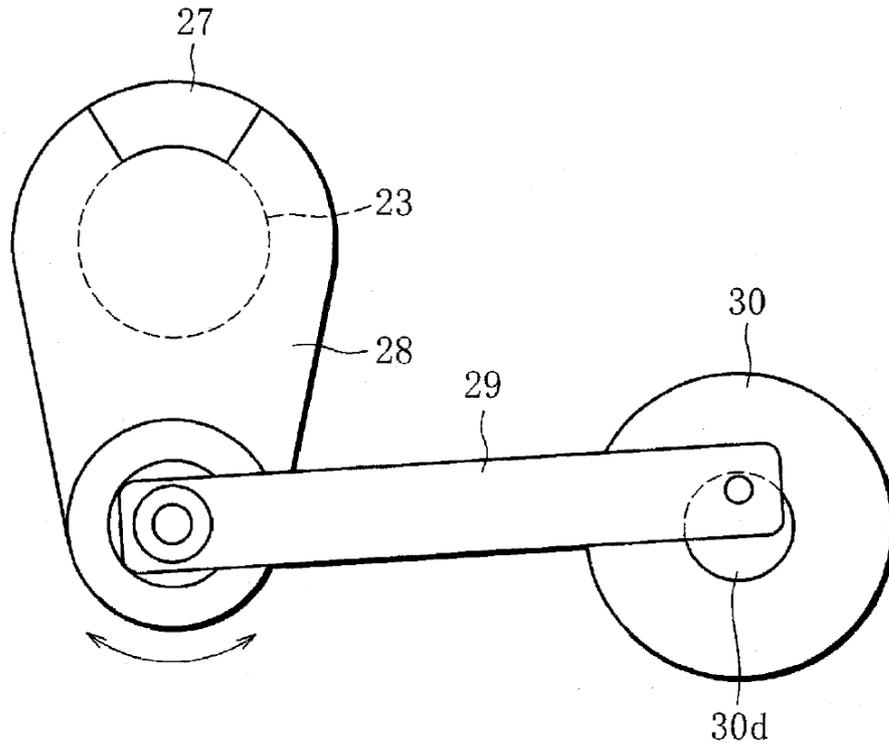


FIG. 11

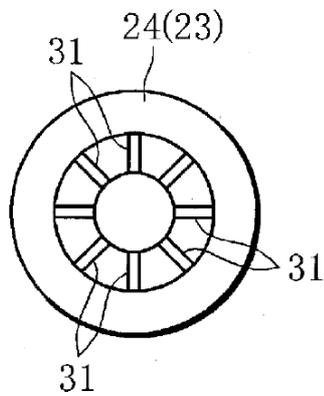


FIG. 12

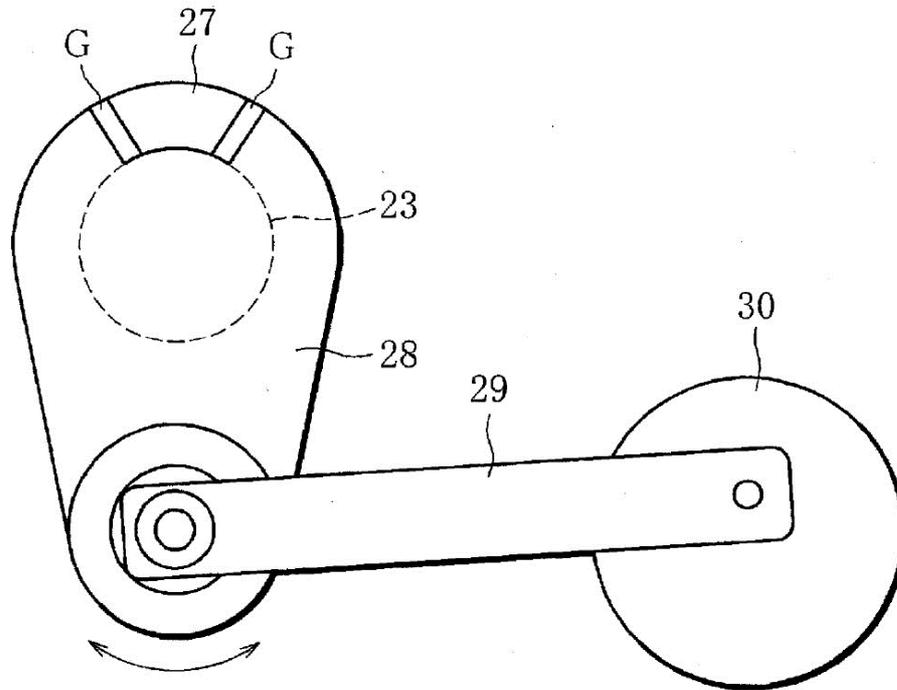


FIG. 13

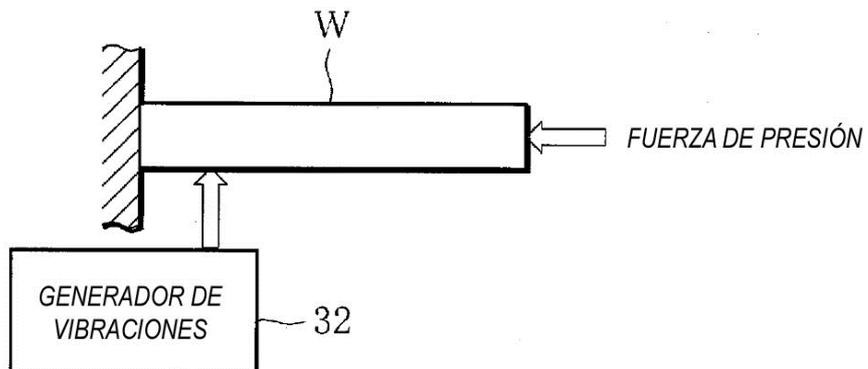


FIG. 14

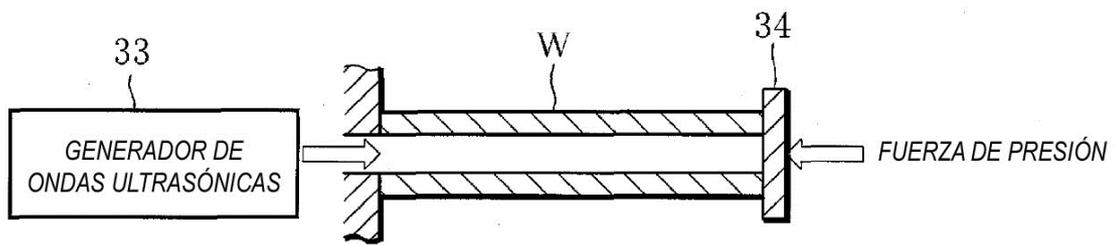


FIG. 15

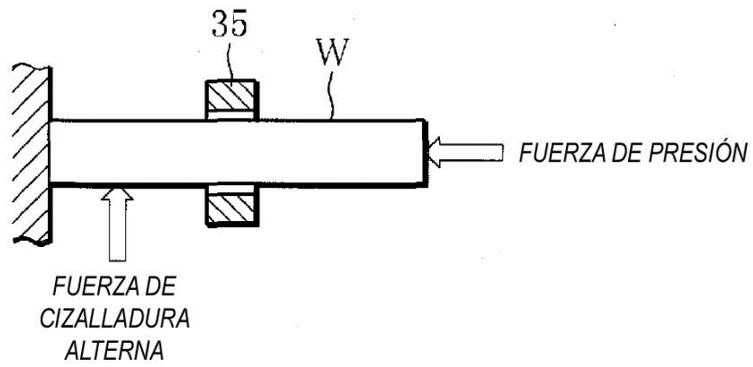


FIG. 16

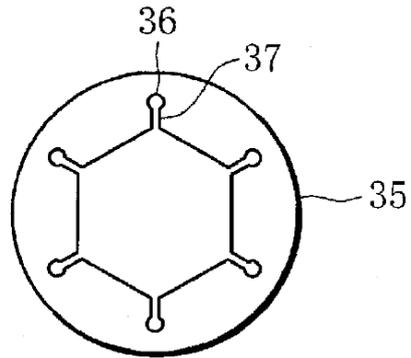


FIG. 17

